

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**E. A. P. DE ODONTOLOGÍA**

**“INFLUENCIA DEL GRABADO ÁCIDO EN LA  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL  
IONÓMERO DE VIDRIO BASE  
CONVENCIONAL E HÍBRIDO”**

**TESIS**

**Para optar el título profesional de Cirujano Dentista**

**AUTOR**

**Johana Milagro Quispe Ampuero**

**ASESOR**

**Katia Luz Medina Calderón**

**Lima – Perú**

**2015**

**JURADOS:**

- PRESIDENTE: Mg. CD. Doris Elizabeth Salcedo Moncada
- MIEMBRO: CD. Edwin Antonio Córdova Huayanay
- MIEMBRO ASESOR: CD. Katia Luz Medina Calderón

A Dios, por guiarme siempre por el buen camino y permitirme cumplir esta meta.

A mis padres, Juana y Alberto, a quienes debo la persona que soy ahora, por su amor inagotable, por cuidar de mí y brindarme su apoyo incondicional siempre.

A mis hermanos, Luis y José, por su buen ejemplo, sus enseñanzas y por quererme tanto.

A mis amigos, en especial a Cynthia Rojas, por su optimismo ante las adversidades y su gran fortaleza demostrada.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la UNMSM, por convertirse en mi segundo hogar durante los seis años de formación académica.

A todos los docentes de la Facultad de Odontología que me brindaron sus enseñanzas y contribuyeron para el desarrollo de mi formación profesional.

A la Dra. Katia Luz Medina Calderón, por su asesoría y paciencia, por brindarme su tiempo y apoyo en la realización de este estudio.

A la Dra. Martha Pineda, por su asesoría y ayuda académica en la revisión de este estudio.

Al Dr. Edwin Córdova, por su orientación académica brindada en la revisión de este trabajo.

A la Dra. Doris Salcedo por su orientación académica brindada en la revisión de este estudio.

Al Ing. Mecánico Sebastián Lazo, por su colaboración en la realización del ensayo de compresión.

A la Ing. De Estadística Luz Mery Pumacayo, por despejar mis dudas.

A mis familiares y amigos que me brindaron su apoyo y estuvieron pendientes en la presentación del estudio.

Al Fondo de Promoción de Trabajo de Tesis de Pregrado del VRI-UNMSM, por el apoyo en el financiamiento económico de este trabajo de investigación.

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la influencia del grabado ácido en la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional (Ketac Bond) e híbrido (Vitrebond).

Se elaboraron 40 probetas de 5mm de diámetro por 10mm de altura en un molde de plástico; divididas en dos grupos según el tipo de ionómero de vidrio base que su vez se subdividió en dos grupos según el grabado ácido. La preparación del ionómero se realizó bajo las indicaciones del fabricante. El grabado ácido se realizó con ácido fosfórico en gel al 37%, por 15 segundos, en la superficie superior de la probeta de ionómero, luego se procedió al lavado con agua destilada por 20 segundos y después se secó la superficie con papel toalla. Posteriormente, se calibraron las medidas de las probetas con un vernier y se comprobó el paralelismo de sus superficies, para luego ser almacenadas por 24 horas en una estufa a 37° C hasta el momento de la prueba, la que se realizó en la máquina de ensayo universal (marca J. AMSLER). Los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión promedio para cada grupo fue: ionómero de vidrio base convencional con grabado ácido fue 27.22 MPa, ionómero de vidrio base convencional sin grabado ácido fue 31.51 MPa, ionómero de vidrio base híbrido con grabado ácido fue 72.46 MPa y el ionómero de vidrio híbrido sin grabado ácido tuvo 95.54 MPa. Los resultados se analizaron mediante la prueba ANOVA de dos vías y para las comparaciones entre grupos se utilizó la prueba T Student. Se concluyó que el grabado ácido y el tipo de ionómero de vidrio influyen en la resistencia a la compresión.

**Palabras claves:** Resistencia a la compresión, ionómero de vidrio base convencional, ionómero de vidrio base híbrido, grabado ácido.

## ABSTRACT

The aim of this study was to determine the influence of acid etching on the compressive strength of conventional glass ionomer base (Ketac Bond) and hybrid glass ionomer base (Vitrebond).

40 specimens were elaborated of 5 mm in diameter by 10 mm in height and they were prepared in a plastic mold; divided into two groups according to the type of glass ionomer base and also, subdivided into two groups according to the etching. The preparation of the ionomer was performed under the manufacturer. The acid etching was performed with phosphoric acid 37%, for 15 seconds, on the upper surface of the specimen, then he proceeded to washing with distilled water for 20 seconds and then the surface wiped with paper towel. Subsequently, measures of the specimens were calibrated with a vernier and parallelism of the surfaces was found, and then be stored for 24 hours in an oven at 37°C until the time of the test, which took place in the universal testing machine (Mark J. AMSLER). The results of resistance average compression for each group was: conventional glass ionomer base with acid etching was 27.22 MPa, conventional glass ionomer base without acid etching was 31.51 MPa, hybrid glass ionomer base with acid etching was 72.46 MPa and hybrid glass ionomer without acid etching was 95.54 MPa. The results were analyzed by two-way ANOVA and comparisons between groups, the Student t test was used. It was concluded that etching and glass ionomer type influence on the compressive strength.

**Keywords:** Compressive strength, conventional glass ionomer base, hybrid glass ionomer base, acid etching.

## ÍNDICE

	PÁG.
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	
2.1 Área problema.....	16
2.2 Delimitación de problema.....	17
2.3 Formulación de problema.....	18
2.4 Objetivo de la investigación	
2.4.1 Objetivo general.....	19
2.4.2 Objetivos específicos.....	19
2.5 Justificación de la investigación.....	19
<b>III. MARCO TEÓRICO</b>	
3.1 Antecedentes.....	21
3.2 Bases teóricas	
3.2.1 Materiales dentales	
3.2.1.1 Definición.....	27
3.2.1.2 Clasificación.....	27
3.2.1.3 Materiales de obturación.....	28
3.2.1.4 Cementos.....	29
3.2.1.5 Bases cavitarias.....	30
3.2.2 Ionómero de vidrio	
3.2.2.1 Definición.....	32
3.2.2.2 Historia.....	32
3.2.2.3 Clasificación.....	33
3.2.2.4 Propiedades.....	33
3.2.2.5 Composición.....	36
3.2.2.6 Reacción química.....	37

3.2.2.7	Características del cemento fraguado.....	39
3.2.2.8	Papel del agua durante el fraguado.....	39
3.2.2.9	Ventajas.....	40
3.2.2.10	Desventajas.....	40
3.2.2.11	Ionómero de vidrio modificado con Metal.....	41
3.2.2.12	Ionómero de vidrio híbrido.....	42
3.2.2.13	Ionómero de vidrio como base cavitaria.....	44
3.2.2.14	Técnica de manipulación del ionómero de vidrio base.....	45
3.2.2.15	Ionómero de vidrio base utilizados en el estudio.....	46
3.2.3	Técnica de grabado ácido	
3.2.3.1	Grabado en esmalte.....	47
3.2.3.2	Grabado en dentina.....	49
3.2.4	Resistencia a la compresión	
3.2.4.1	Propiedades mecánicas.....	50
3.2.4.2	Definición.....	50
3.2.4.3	Efectos de la fuerza compresiva.....	50
3.2.4.4	Deformación por compresión.....	51
3.2.4.5	Medición de la resistencia a la compresión.....	51
3.2.4.6	Importancia de la resistencia a la compresión.....	52
3.2.4.7	Resistencia a la compresión en ionómeros.....	53
3.3	Definición de términos.....	54



3.4 Hipótesis.....	55
3.5 Operacionalización de variables.....	56
<b>IV. DISEÑO METODOLÓGICO</b>	
4.1 Tipo de investigación.....	57
4.1.1 Diseño de la investigación.....	57
4.2 Población y muestra.....	57
4.2.1 Población.....	57
4.2.2 Muestra.....	57
4.3 Procedimientos y técnica.....	58
4.3.1 Materiales.....	58
4.3.2 Procedimientos.....	59
4.4 Procesamiento de datos.....	62
4.5 Análisis de resultados.....	63
<b>V. RESULTADOS.....</b>	<b>65</b>
<b>VI. DISCUSIÓN.....</b>	<b>72</b>
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>77</b>
<b>X. ANEXOS</b>	
ANEXO N° 1: Ficha de recolección de datos para el ionómero de vidrio base convencional.....	83
ANEXO N° 2: Ficha de recolección de datos para el ionómero de vidrio base híbrido.....	84
ANEXO N° 3: Información del material según fabricante para Ketac™ Bond.....	85
ANEXO N° 4: Información de material según fabricante para Vitrebond™ .....	89
ANEXO N° 5: Fotografías del procedimiento de la investigación.....	94

ANEXO N° 6: Informe de resultados entregados por el	
Laboratorio de Materiales N° 4 de la Facultad de	
Ing. Mecánica – UNI.....	102

## LISTA DE IMÁGENES

	PÁG.
<b>IMAGEN Nº 1:</b> Tabla de diferencias de propiedades mecánicas del ionómero de vidrio con otros cementos.....	35
<b>IMAGEN Nº 2:</b> Cristalización y fraguado del ionómero de vidrio.....	39
<b>IMAGEN Nº 3:</b> Patrón de grabado ácido en esmalte tipo I y tipo II.....	48
<b>IMAGEN Nº 4:</b> Carga compresiva estática sobre un cuerpo en reposo.....	51
<b>IMAGEN Nº 5:</b> Fractura por carga compresiva.....	52
<b>IMAGEN Nº 6:</b> Resistencia a la compresión para el ionómero de vidrio según ISO 9917 -1.....	53

## LISTA DE TABLAS

	PÁG.
<b>TABLA N° 1:</b> Descripción de datos para cada grupo experimental.....	65
<b>TABLA N° 2:</b> Análisis de la influencia de las variables (ANOVA).....	66
<b>TABLA N° 3:</b> Prueba de Shapiro Wilk para evaluar la distribución de los grupos experimentales.....	67
<b>TABLA N° 4:</b> Comparación de la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional e híbrido sin grabado ácido.....	68
<b>TABLA N° 5:</b> Comparación de la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional con y sin grabado ácido.....	69
<b>TABLA N° 6:</b> Comparación de la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base híbrido con y sin grabado ácido.....	70
<b>TABLA N° 7:</b> Comparación de la resistencia a la compresión del Ionómero de vidrio base convencional e híbrido con grabado ácido.....	71

## LISTA DE GRÁFICOS

	PÁG.
<b>GRÁFICO N° 1:</b> Comparación de los promedios entre los grupos experimentales.....	65
<b>GRÁFICO N° 2:</b> Comparación de la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio convencional e híbrido sin grabado ácido.....	68
<b>GRÁFICO N° 3:</b> Comparación de la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional con y sin grabado ácido.....	69
<b>GRÁFICO N° 4:</b> Comparación de la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base híbrido con y sin grabado ácido.....	70
<b>GRÁFICO N° 5:</b> Comparación de la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional e híbrido con grabado ácido.....	71

## I. INTRODUCCIÓN

En la práctica clínica se busca encontrar los materiales que cuenten con mejores propiedades y que permitan que nuestros tratamientos se realicen de manera adecuada, lo que se traducirá en un tratamiento exitoso. Para lo cual debemos conocer qué materiales son mejores, cómo deben ser manipulados y qué limitaciones presentan.

El cemento ionómero de vidrio es uno de los cementos más utilizados en operatoria dental por las diferentes indicaciones que presenta como restaurador, base y cementación, además cuenta con propiedades como adhesión química al esmalte y dentina, liberación de flúor durante los primeros días, propiedades mecánicas buenas en relación a otros cementos como rigidez y módulo de elasticidad similar a la dentina y buena resistencia a la compresión; sin embargo, presenta también inconvenientes como desbalance hídrico durante sus primeras horas de fraguado, solubilidad en medios ácido, baja resistencia a la abrasión y fraguado lento. Estas limitaciones se han tratado de mejorar agregando nuevos componentes a los ionómeros convencionales como la resina hidrofílica HEMA, apareciendo lo que hoy se conoce como ionómero de vidrio híbrido que presenta mejores propiedades mecánicas y un menor tiempo de endurecimiento por presentar un doble mecanismo de polimerización, ácido-base y fotopolimerización.

A pesar de lo mencionado anteriormente existe un inconveniente adicional cuando utilizamos el ionómero de vidrio como base cavitaria, porque presenta un contacto previo, en el inicio de su fraguado, con ácido fosfórico y agua al momento del grabado ácido para la colocación de una resina compuesta; no siendo así en el ionómero restaurador ni el de cementación donde luego de su colocación son protegidos por un barniz y por una prótesis, respectivamente.

Por lo que en este estudio se pretende evaluar la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base tomando en cuenta dos factores: el grabado ácido y el tipo de material. La importancia del estudio de las propiedades mecánicas de los materiales dentales radica en que los materiales localizados en boca están sometidos a fuerzas constantes que pueden producir deformaciones mecánicas y que si no cuentan con valores adecuados podrían llevar al fracaso del tratamiento, en este caso a la fractura del material.

## **II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **2.1 ÁREA PROBLEMA:**

La operatoria dental es la rama de la odontología que utilizamos a diario. Las restauraciones con resina son el procedimiento clínico más frecuente en los consultorios para el tratamiento de las lesiones causadas por caries dental. Sin embargo, la obturación con resina es el tipo de procedimiento que genera mayores problemas postoperatorios como microfiltración, pigmentación de los márgenes, sensibilidad a los cambios térmicos, etc. sobre todo cuando hablamos de cavidades profundas.<sup>1</sup>

El manejo de casos de lesiones cariosas profundas es un reto importante para el clínico porque se debe tener en cuenta la protección del complejo dentino-pulpar, para lo cual es importante dominar la técnica que se debe emplear, conocer los principios biológicos del sustrato sobre el cual se trabaja, así como conocer las características de los biomateriales dentales que se emplean.<sup>1,2</sup> Para el tratamiento de cavidades profundas, además de la utilización del material restaurador definitivo como es la resina compuesta; también se emplean bases cavitarias, cuya función es la protección del complejo dentino-pulpar, evitando el paso de sustancias tóxicas e irritantes hacia ella, y también, funcionan como sustitutos de dentina aumentando la rigidez del piso pulpar.<sup>3</sup>

La utilización de bases cavitarias se justifica porque en cavidades profundas, la dentina profunda presenta un mayor número de túbulos dentinarios de amplio diámetro interno y que poseen una mayor permeabilidad con la posibilidad de difusión transdentinaria de productos citotóxicos.<sup>4</sup> Estudios demuestran que tras un acondicionamiento ácido, por este ser hipertónico, existe una producción de fluido tubular caracterizado por un rápido movimiento desde el interior y aspiración de odontoblastos hacia el interior de los túbulos dentinarios lo que produce un intenso dolor.<sup>4,5</sup>



En los últimos años, la búsqueda de mejorar las propiedades físico-mecánicas de los biomateriales han hecho que la práctica clínica sea más segura tanto para odontólogos como para pacientes.<sup>6</sup> Prueba de ello es que los materiales altamente solubles y con propiedades físico-mecánicas cuestionables que antes se utilizaban como bases, han sido cambiados por el ionómero de vidrio, que posee mejores propiedades.<sup>2</sup>

El ionómero de vidrio es uno de los materiales más utilizados en el área de operatoria dental debido a su adhesión a la estructura dentaria y su efecto anticariogénico, además de su módulo elástico y su coeficiente de expansión térmica similares a la dentina, lo que le da una rigidez similar a ella.<sup>2,7</sup> Estas condiciones serán propicias si se realiza una correcta manipulación del material. Por ello, el ionómero de vidrio se convierte en el material de elección para ser utilizado como base cavitaria en cavidades profundas.<sup>6</sup>

## **2.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA:**

Con el fin de suplir algunas limitaciones de los ionómeros de vidrio convencionales como la solubilidad y desintegración en el medio bucal, sobre todo en medios ácidos, así como el tiempo prolongado de fraguado, por ser este un proceso de autopolimerización,<sup>8,9</sup> se crearon los ionómeros de vidrio híbridos que presentan en su composición una resina hidrófila (HEMA) con lo que se pretendió aumentar la resistencia y disminuir la solubilidad, además de disminuir el tiempo de fraguado por medio de mecanismo de fotopolimerización adicional a la reacción ácido-base de los ionómeros convencionales.<sup>8,10</sup>

En la clasificación de los ionómero de vidrio según la forma de aplicación, tenemos a los ionómeros de vidrio para base cavitaria, estos contienen menos aluminio para disminuir el tiempo de fraguado pero esta condición lo hace más solubles,<sup>9</sup> se colocan en capaz que superan 0.5 mm.<sup>8</sup> El ionómero de vidrio es considerado el material de elección para bases cavitarias, debido a las propiedades que lo caracterizan, pero

para que estas propiedades no se vean alteradas es necesario una correcta manipulación del material tanto en la preparación como en la fase de fraguado.<sup>2,6</sup>

Dentro de las propiedades mecánicas que caracterizan a los ionómeros es una buena resistencia a la compresión a diferencia de otros cementos.<sup>4,11,12</sup> La resistencia a la compresión es una propiedad importante a considerar durante la masticación, más aún cuando nos referimos a una base cavitaria que está sometida a fuerzas compresivas constantes.<sup>7</sup> Esta propiedad se podría ver alterada por una disolución de los componentes del material.

Por lo expuesto anteriormente, el procedimiento de grabado ácido de la superficie dentaria que se realiza para la colocación de la resina compuesta y que de manera indirecta el ionómero de vidrio base presente contacto con el ácido fosfórico y agua, afectarían la resistencia a la compresión final del material por pérdida de iones de la matriz y degradación superficial que producirá debilitamiento permanentemente del cemento; puesto que los ionómeros presentan solubilidad en medios ácidos y también son sensibles al desbalance hídrico en las primeras fases de fraguado, donde el poliacrilato de calcio formado presenta cadenas aún frágiles e hidrosolubles aunque la superficie del cemento se manifieste clínicamente dura.<sup>2,6,11</sup>

Otro factor a considerar en la resistencia a la compresión se relaciona con el tipo de ionómero según su composición química, puesto que el hecho de presentar en su composición una resina, los ionómeros de vidrio híbrido presentan mejores propiedades mecánicas y menor solubilidad en comparación con los ionómeros de vidrio convencionales.<sup>13</sup>

### **2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:**

¿Cómo influye el grabado ácido en la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional e híbrido?

## **2.4 OBJETIVOS**

### **2.4.1 OBJETIVO GENERAL:**

- Determinar la influencia del grabado ácido en la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional e híbrido.

### **2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Determinar la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional con y sin grabado ácido.
- Determinar la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base híbrido con y sin grabado ácido.
- Comparar la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional e híbrido sin grabado ácido.
- Comparar la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional con y sin grabado ácido.
- Comparar la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base híbrido con y sin grabado ácido.
- Comparar la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional e híbrido con grabado ácido.

## **2.5 JUSTIFICACIÓN:**

El estudio de las propiedades mecánicas de los materiales dentales es de mucha importancia porque durante la masticación se producen distintas fuerzas que actúan sobre los materiales dentales. El conocimiento sobre estos esfuerzos permitirá realizar procedimientos más seguros, ya que sabremos qué materiales poseen mejores propiedades y cuáles son las limitaciones de los mismos, para que así el profesional tome la mejor decisión al momento de elegir el tipo de ionómero de vidrio base a utilizar.

La resistencia a la compresión es una propiedad mecánica de importancia sobre todo cuando se trata de bases cavitarias que se encuentran sometidas constantemente a fuerzas compresivas. La evaluación de esta propiedad en el ionómero de vidrio es interesante estudiarla puesto que es el material de elección cuando nos referimos a bases cavitarias y si bien es cierto, todos los factores desfavorables que alteran las propiedades del ionómero de vidrio se controlan cuando se emplea como material restaurador, no sucede lo mismo cuando se emplea el ionómero de vidrio como base, siendo expuesto a medios ácidos y a sobrehidratación temprana durante su proceso de fraguado durante el grabado ácido para la colocación de un composite.

Al mismo tiempo, en el presente estudio se pretende corroborar la información sobre la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base descrita por el fabricante del producto y por estudios realizados.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 ANTECEDENTES:

**Gil y col. (2013)<sup>6</sup>** Realizó un estudio experimental in vitro donde se evaluó la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio híbrido después de ser grabado con ácido ortofosfórico al 37%. Se prepararon 40 moldes termoformados: 20 muestras en el grupo experimental, se les aplicó ácido fosfórico durante 15 segundos y 20 muestras en el grupo control. Diez muestras de cada grupo se almacenaron por 48 horas al baño maría. No se obtuvo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos con y sin grabado ácido y se determinó que la aplicación de ácido fosfórico al 37% no afecta la resistencia a la compresión de los ionómeros de vidrio híbridos.

**Hernández y col. (2013)<sup>7</sup>** El objetivo del estudio fue evaluar la resistencia a la compresión de dos tipos de ionómeros de vidrio: Ionofil Molar, ionómero de vidrio convencional, y Vitremer, ionómero de vidrio híbrido, según tiempo de exposición en saliva artificial. Se prepararon 15 muestras para cada material, evaluadas a los tiempos 0, 168 y 504 horas de exposición en saliva artificial a 37° C. La resistencia compresiva de Vitremer no presentó diferencias estadísticamente significativas en el tiempo ( $p=0.282$ ), mientras Ionofil Molar presentó diferencias significativas entre los distintos tiempos ( $p=0.011$ ). El ionómero de vidrio Vitremer presenta mayor resistencia compresiva a lo largo del tiempo, sin presentar alteraciones significativas en el tiempo al ser inmerso en saliva, a diferencia del Ionofil Molar que disminuyó significativamente su resistencia en las mismas condiciones.

**Hernández (2012)<sup>13</sup>** Ejecutó un estudio experimental con el propósito de comparar la resistencia a la compresión de diferentes ionómeros de vidrio. Se fabricaron 30 muestras, divididas en grupos de 10. Se utilizaron los siguientes ionómeros: Ketac

Molar EasyMix (ionómero convencional), Vitremer (ionómero híbrido) y Ketac N 100 (ionómero convencional de alta densidad). Se elaboraron cilindros de cada material y luego se almacenaron en agua a 37°C por 24 horas, antes de realizar el ensayo en la máquina de compresión. El Ketac Molar EasyMix tuvo una resistencia compresiva de 40,9 MPa; el Vitremer de 111,7 MPa mientras que para el Ketac N 100 fue de 117,4 MPa. Se concluyó que los ionómeros de vidrio híbridos poseen una resistencia a la compresión superior a la de los ionómeros de vidrio convencional evaluados.

**Zavaleta (2009)<sup>14</sup>** Realizó un estudio experimental in vitro para evaluar la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio de convencional (Ketac Bond de 3M ESPE) al ser grabado con ácido ortofosfórico al 37%, este grabado se realizó en diferentes tiempos después del inicio del fraguado; a los 10 minutos, 24 horas y 72 horas. Se confeccionaron 30 bloques que se dividieron en 6 grupos, tres grupos fueron grabados con ácido y los otros tres fueron los controles. Se concluyó que la resistencia a la compresión disminuye significativamente con el grabado ácido y que los valores de resistencia a la compresión aumentan a medida que el tiempo de espera para el grabado es mayor.

**Busanello (2009)<sup>15</sup>** Este estudio evaluó la resistencia a la compresión de cinco cementos de ionómero de vidrio convencionales: Ketac Molar, Fuji IX, Magicglassl, Vidrion R y Vitro Molar, en función del tiempo de almacenamiento (1 hora y 24 horas). De cada ionómero se confeccionaron 16 muestras y fueron fabricados utilizando una matriz de 6mm de diámetro y 12 mm de altura. Las muestras se almacenaron en agua destilada a 37 °C. Ocho muestras por cemento se sometieron a la prueba de resistencia a la compresión en una máquina de ensayo universal después de 1 hora, y los otros ocho especímenes se ensayaron después de 24 horas. De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia a la compresión, Fuji IX presenta los mejores resultados después de 1 hora. Después del almacenamiento de 24 horas,

Fuji IX, Ketac Molar, y Vitro Molar tuvieron un rendimiento similar. A excepción de Fuji IX, todos los materiales presentan valores de resistencia a la compresión superior a las 24 horas comparados al de 1 hora.

**Mallmann y col. (2007)<sup>16</sup>** El propósito de este estudio fue evaluar la resistencia a la compresión de dos ionómeros de vidrio, uno convencional y uno híbrido, utilizando dos dimensiones de probeta de ensayo: 6 mm de altura y 4 mm de diámetro; y otro de 12 mm de altura y 6 mm de diámetro. Diez muestras se fabricaron para cada material y para cada tamaño, en un total de 40 muestras. Ellos se almacenaron en agua destilada durante 24 horas y después se sometieron a una prueba de resistencia a la compresión en una máquina de ensayo universal. Los resultados fueron:  $54.00 \pm 6.6$  (MPa) y  $105.10 \pm 17.3$  (MPa) para las muestras de 12mm x 6mm, usando el convencional e híbrido, respectivamente, y  $46.00 \pm 3.8$  y  $91.10 \pm 8.2$  para las muestras de 6mm x 4mm, convencional e híbrido, respectivamente. Concluyeron que el cemento de ionómero de vidrio híbrido presenta los mejores resultados, con independencia de dimensiones de la muestra. Para ambos materiales las muestras de medida 12mm x 6mm condujo a mayores a diferencia de las muestras con medida 6mm x 4mm.

**Tedesco y col. (2006)<sup>17</sup>** El objetivo de este trabajo fue evaluar las mejoras mecánicas del ionómero de vidrio híbrido comparado con el ionómero de vidrio convencional. El trabajo experimental fue realizado con 3 cementos: KetacCem - ESPE, convencional, Fuji Plus - GC y Vitremer - 3M, híbridos. El estudio consistió en la caracterización de los polvos originales de cemento, determinación del espesor de la cemento de fijación, análisis de microscopía óptica de las secciones transversales a partir de muestras de cemento curado y ensayos de resistencia a la compresión en muestras de cemento curado. Se obtuvo los siguientes resultados: la resistencia a la compresión del cemento Fuji Plus es significativamente mayor al cemento Vitremer, que a su vez es significativamente más alto que el cemento KetacCem.

Concluyendo que los ionómeros de vidrio híbridos presentan una mayor resistencia a la compresión.

**Aratani y col. (2005)**<sup>18</sup> El objetivo del estudio fue evaluar la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio híbrido: Fuji II LC y Vitremer, en diferentes proporciones de polvo/líquido (P/L) de 1: 1, 1: 2 y 1: 3, en tres períodos (24 horas, 7 días y 28 días) de almacenamiento en agua destilada a 37 °C. Se prepararon 5 muestras cilíndricas con un diámetro de 4 mm y 6 mm de altura en moldes de silicona. Los especímenes fueron fotocurados durante 40 segundos en cada extremo, retirado de los moldes y lateralmente fotocurados durante 40 segundos. Las muestras fueron sometidas a pruebas de resistencia a la compresión en una máquina Instron a una velocidad de 1 mm/min hasta la ruptura. Los datos fueron sometidos a ANOVA y prueba de Tukey (5%), y mostraron que la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio híbrido se redujo cuando la relación P/L se redujo y que el almacenamiento en agua tiene poca influencia en la resistencia a compresión.

**Xie y col. (2000)**<sup>19</sup> Realizó un estudio para evaluar las propiedades mecánicas y microestructura de diez ionómeros de vidrio: híbridos y convencionales, entre los que se evaluó el ionómero Ketac Bond. Se prepararon 6 muestras cilíndricas para cada ionómero de medidas 4mm de diámetro x 8mm de altura, elaborados en un molde de tubos plásticos, luego se almacenaron en agua destilada a 37 °C por una semana. La prueba se realizó en máquina de ensayo universal (marca Instron - USA) con una velocidad de carga de 1mm/min. Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión no presenta diferencias significativas entre los ionómero vidrio híbrido y ionómero de vidrio convencional.

**Burgues y col. (1993)**<sup>20</sup> Realizó un estudio para evaluar la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción diametral, módulo de compresión y resistencia al



corte de tres ionómero de vidrio; híbridos, Fuji lining LC y Vitrebond, y convencional, Ketac Bond.

Los resultados mostraron que los ionómeros de vidrio híbridos (Fuji lining LC y Vitrebond) presentan mayor resistencia a la compresión comparados con los ionómeros de vidrio convencionales (Ketac Bond). El Fuji Lining LC tuvo mayor resistencia a la compresión entre los tres ionómeros. Concluyendo que el ionómero de vidrio híbrido presenta mayor resistencia a la compresión.

**Hegarty y col. (1993)<sup>21</sup>** Llevó a cabo un estudio para evaluar las características de erosión y propiedades mecánicas en dos tipos de ionómeros; híbrido y convencional, en intervalos de tiempo de 1 hora y 24 horas después de la preparación. Para evaluar el ionómero híbrido utilizó Vitrebond y XR Ionomer, y para evaluar el ionómero convencional utilizó Ketac Bond y Ketac Cem. Se prepararon diez muestras para cada material y cada intervalo de tiempo, en forma de cilindros de 6mm x 4mm y luego fueron almacenados agua destilada a 37°C en oscuridad hasta el momento de la prueba. La prueba se realizó en la máquina de carga universal (marca Housfield - UK) de velocidad de carga 1mm/min. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas entre las mediciones realizadas 1 hora y 24 horas. Al comparar la resistencia a la compresión de Vitrebond y Ketac Bond a la hora no hubo diferencias significativas pero al evaluar después de 24 horas se observó que Ketac Bond presentó una mayor resistencia a la compresión. Se concluyó que la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio convencional es aparente mayor que la del ionómero de vidrio híbrido, lo que se justifica posiblemente por una inadecuada activación con la luz.

**Lewis y col. (1992)<sup>22</sup>** Realizó una investigación para evaluar la resistencia a la compresión y modulo compresivo de siete materiales base (Dycal, VLC Dycal, Timeline, Vitrebond, Ketac Bond, Fuji Lining LC Y XR- Ionomer). Se elaboraron muestras

cilíndricas en tubos de teflón, de medidas 9mm x 4mm; luego las muestras fueron mantenidas por 1 hora a 37 °C con una humedad superior a 30% y posteriormente se colocaron en agua destilada a 37 °C hasta el momento de la prueba. Las mediciones se realizaron a los 7 minutos, 24 horas y 90 días. Antes de la realización de la prueba se verificó que la superficie de las bases de los cilindros sea plana y luego se procedió a la realización del ensayo en la máquina universal de ensayo (marca Instron) con una velocidad de carga de 1 mm/min. Los resultados obtenidos fueron: de los ionómeros de vidrio base estudiados, Fuji Lining tuvo una resistencia significativamente más alta en los tres periodos. Vitrebond presentó mayor resistencia a la compresión comparado con Ketac Bond. Se concluyó que los ionómeros de vidrio base híbridos poseen una mayor resistencia a la compresión comparados con los ionómeros de vidrio base convencionales.

**Mitra (1991)<sup>23</sup>** El objetivo del estudio fue determinar la adherencia a la dentina y las propiedades físicas de Vitrebond Light Cure, ionómero de vidrio liner/base y comparar estos valores con un material ionómero de vidrio convencional de línea 3M (3MGI). La resistencia a la tracción diametral y compresiva para Vitrebond se determinó inmediatamente después del fotocurado y también después de su almacenamiento en agua durante 24 horas, una semana, un mes y siete meses. No hubo diferencia significativa en los valores de resistencias a la tracción diametral y compresiva obtenidos inmediatamente después del curado y después del almacenamiento prolongado en agua a 37 °C.

**Tam y col. (1991)<sup>24</sup>** Llevo a cabo un estudio para comparar diferentes materiales base de fotocurado mediante la evaluación de las propiedades físicas; como resistencia flexural, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción diametral, modulo elástico y liberación de flúor y calcio por cuatro semanas. Los materiales evaluados

fueron Cavalite, Timeline, Vitrebond y XR-Ionomer. Todos los materiales mostraron valores altos de resistencia a la compresión.

**Tam y col. (1989)<sup>25</sup>** Realizó un estudio para determinar las propiedades físicas del ionómero de vidrio, en el cual se evaluó como una de las propiedades la resistencia a la compresión. Se evaluaron siete diferentes marcas de ionómero de vidrio (G. C. Lining Cement, Ketac Bond, Zionomer, Shofu Lining Cement, Glasionomer Base Cement, Ketac- Cem y Ketac Silver) y se prepararon 6 muestras cilíndricas para cada prueba y cada material, posteriormente fueron almacenadas en agua destilada a 37°C hasta la realización de la prueba en la máquina universal de ensayos (marca Instron- USA). Las mediciones se realizaron a la hora, 24 horas, 1 semana y 1 mes después de la preparación de cada muestra. Los resultados mostraron valores altos de resistencia a la compresión y el ionómero de vidrio base convencional que presentó valores más altos fue el Ketac Bond.

### **3.2 BASES TEÓRICAS:**

#### **3.2.1 MATERIALES DENTALES**

##### **3.2.1.1 Definición:**

Es el estudio de las propiedades fundamentales de los materiales para uso bucal, tanto desde el punto de vista fisicoquímico, mecánico y biológico, como su correcta manipulación y usos odontológicos.<sup>12</sup>

##### **3.2.1.2 Clasificación:**

Debido a las diversas composiciones de los materiales dentales, no existe una clasificación universal. La mayoría de las clasificaciones han estado relacionadas con las propiedades físicas y químicas, así como también con el uso.<sup>12</sup>

La clasificación de los materiales de acuerdo al uso es la más práctica; por consiguiente, se pueden agrupar en la siguiente forma: <sup>12</sup>

- Materiales de impresión
- Materiales de laboratorio
- Materiales para obturación
- Materiales para base de prótesis
- Materiales para dientes artificiales

### **3.2.1.3 Materiales de obturación**

#### **a. Definición:**

Son aquellos materiales que se utilizan para la reconstrucción parcial de las estructuras dentarias que se han perdido por causas patológicas (caries o erosiones), protésicas (cavidades con fines protéticos) o traumáticas, con el objeto de devolver al diente sus características anatómicas, funcionales y estéticas. <sup>12</sup>

#### **b. Requisitos:**

Un material ideal para obturación debe reunir una serie de requisitos a fin de resistir las condiciones medio bucal. Dentro de ellas tenemos: <sup>12</sup>

- Poseer una resistencia adecuada para soportar las fuerzas masticatorias.
- Ser resistentes a la abrasión de los dientes antagonistas durante la masticación.
- Tener baja solubilidad y desintegración a los fluidos bucales.
- Dar buen sellado a la cavidad.
- Poseer baja conductividad térmica.
- Tener coeficiente de expansión y contracción térmica similar a las estructuras del diente.
- Tener características estéticas agradables.
- Tener compatibilidad biológica con los tejidos bucales.

### **c. Clasificación:**

Los materiales de obturación se pueden agrupar de varias maneras, siendo una de las más aceptables la clasificación de acuerdo con el tiempo de permanencia en la cavidad bucal.<sup>12</sup>

#### **a) Temporarios y provisorios :**

- Obturadores provisionales
- Cementos a base de óxido de cinc y eugenol
- Barnices

#### **b) Permanentes:**

- Cementos
- Bases cavitarias
- Sellantes de fosas y fisuras
- Amalgama
- Resina compuesta

### **3.2.1.4 Cementos:**

#### **a. Definición:**

Se denomina cemento a toda sustancia utilizada para unir dos o más cuerpos entre sí, desde el punto de vista mecánico. En odontología restauradora, muchos de los cementos se emplean al mismo tiempo como base, forro cavitario y para obturación.<sup>12</sup>

#### **b. Clasificación:<sup>12</sup>**

- De acuerdo con el tiempo de permanencia en boca:
  - ✓ Temporarios
  - ✓ Permanentes
- De acuerdo con la base química principal:
  - ✓ Cementos basados en fosfatos
  - ✓ Cementos basados en fenolatos
  - ✓ Cementos basados en policarboxilatos

- ✓ Cementos basados en polimetacrilatos
- De acuerdo a su uso:
  - ✓ Cementantes
  - ✓ Forros
  - ✓ Bases
  - ✓ Restauradores

### **3.2.1.5 Bases cavitarias:**

#### **a. Definición:**

Es un material de fondo que protege la pared dentinal y sirve a su vez como aislante térmico y químico, siendo barrera ante los agentes químicos provenientes del material restaurador. Además pueden actuar como sustitutos de dentina, aumentando la rigidez del piso cavitario y rellenando socavados.<sup>5,26</sup> La base debe tener adecuada resistencia y módulo de elasticidad para soportar la restauración definitiva.<sup>12</sup>

En estos casos, el material para base es aplicado en capa que supera los 0.5mm de espesor.<sup>8</sup>

#### **b. Funciones de una base:**

Dentro de las funciones tenemos:<sup>26</sup>

- Aislamiento térmico y químico.
- Barrera antibacteriana y antitoxinas.
- Inducción de una reacción protectora pulpar.
- Aumento de la rigidez del piso cavitario.
- Refuerzo de paredes dentinarias debilitadas.
- Bloqueo de depresiones y socavados.

#### **c. Indicación de base cavitaria:**

La base cavitaria está indicada en cavidades profundas donde existe poco tejido dentinario sobre la cámara pulpar y donde hay riesgo de filtración de sustancias

tóxicas y cuando es necesario compensar los efectos indeseables del material definitivo.<sup>1</sup>

#### **d. Justificación del uso de bases cavitarias:**

El acto de cortar tejido dentario durante un procedimiento clínico de preparación cavitaria, desequilibra el perfecto sistema del movimiento de fluidos dentinarios en el interior de los túbulos dentinarios. El estímulo térmico generado por las fresas durante el corte de la dentina puede aumentar la permeabilidad de este tejido, promoviendo el rápido movimiento del fluido desde el interior de la pulpa hacia la superficie dentinaria cortada. Otros estímulos como la aplicación de los materiales odontológicos, tal como el uso de agentes resinosos descalcificantes hipertónicos sobre la dentina, también pueden aumentar la permeabilidad dentinaria y promover serios daños pulpaes.<sup>4</sup>

El rápido movimiento de fluido en el interior de los túbulos dentinarios provoca un desequilibrio hidrodinámico lo que produce distorsiones en las terminaciones nerviosas próximas a la predentina y en el interior de los túbulos. Este estímulo mecánico local puede causar intensa sensibilidad dolorosa en el paciente. Muchas veces, asociadas a esta intensa permeabilidad de la dentina, las células odontoblásticas son llevadas por el fluido dentinario hacia el interior de los túbulos por la aspiración de odontoblastos, que ahora desplazados de su posición original en el complejo dentino-pulpar, tendrán su citoesqueleto profundamente comprometido, desintegrándose por autólisis en pocos días. Este proceso reaccional desencadena una cascada de eventos reparativos, asociados con una discreta y rápida inflamación inicial local, sin que ningún material citotóxico y con capacidad de difusión les haya sido aplicado a los túbulos dentinarios abiertos en el piso cavitarios. Es evidente que si materiales irritantes entran en contacto con la pulpa, todo evento reparativo termina o de continuar, su influencia en este proceso será negativa.<sup>4</sup>

El mecanismo reaccional descrito anteriormente, presentará mayor intensidad cuanto menor sea el espesor del remanente dentinario entre el piso de la cavidad y la cámara pulpar. Así, a pesar del intenso flujo de salida de fluido dentinario que parece ser un

mecanismo protector de la pulpa, termina con una desorganización tisular local. Un intenso flujo dentinario reduce la capacidad inicial de difusión de bacterias, de sus productos y componentes tóxicos de los materiales recubridores hacia el interior del espacio pulpar. Las proteínas exudadas durante el aumento de la permeabilidad capilar, como nuevos componentes del fluido dentinario, pueden actuar como defensa de la pulpa a través de su capacidad de adherir o aglutinar componentes de los materiales odontológicos en difusión a través de los túbulos dentinarios.<sup>4</sup>

Este mecanismo puede ser menos eficiente en dentina profunda, en donde un mayor número de túbulos de amplio diámetro interno son expuestos a una intensa permeabilidad. De esta manera, la posibilidad de difusión transdentinaria de productos citotóxicos se torna más probable. Estudios demuestran que en cavidades profundas después del acondicionamiento ácido hay aspiración de células de la capa odontoblástica hacia el interior de los túbulos dentinarios, esto caracterizado por un intenso y rápido movimiento de fluido en el interior de los túbulos dentinarios asociados con el piso de las cavidades, lo cual produce intenso dolor.<sup>4</sup>

### **3.2.2 IONÓMERO DE VIDRIO**

#### **3.2.2.1 Definición:**

Son materiales de obturación basados en polvos de sílice, aluminio, flúor y calcio (flúor aluminosilicato de calcio) y soluciones de homopolímeros y copolímeros de ácido acrílico.<sup>11</sup>

#### **3.2.2.2 Historia:**

Los vidrio ionoméricos son materiales de obturación cuyo nombre se debe a que pueden formar enlaces iónicos con el vidrio. Fueron ideados por Wilson y Kent en 1969 y desarrollados por McClean y Wilson durante los años 70. Su composición se basó en la unión del polvo del cemento de silicato con el líquido del cemento de policarboxilato. El primer producto comercial se conoció con el nombre de ASPA (De



Trey): AluminioSilicate-PoliAcrilate. Posteriormente apareció el ionómero FUJI II, con propiedades mejoradas.<sup>11,26</sup>

### 3.2.2.3 Clasificación:

A. Según su forma de aplicación, según Mount (1990):<sup>9</sup>

- Tipo I: Material cementante. Tamaño de partícula: fina 20 µm.
- Tipo II: Material restaurador, se utiliza en restauraciones a nivel cervical y donde no exista mucha fuerza oclusal. Tamaño de partícula: gruesa > 45 µm.
- Tipo III: Base cavitaria o lining. Tamaño de partícula: media 25 – 35 µm.

B. De acuerdo a su composición y reacción de fraguado, según Mc Clean:<sup>1,9,11</sup>

- Convencionales o tradicionales.
- Híbridos o modificados con resina.

### 3.2.2.4 Propiedades:

- **Opacidad:** La apariencia estética de los ionómeros de vidrio para obturación es menos satisfactoria que las resinas compuestas debido a que tienen mayor opacidad, por lo tanto, su uso está limitado a áreas cervicales, labiales o bucales del esmalte.<sup>8,11</sup>
- **Solubilidad:** Experimenta baja solubilidad y desintegración en el medio bucal a diferencia de los otros cementos, esto generado por la formación de una sal de un catión con electronegatividad alta como el aluminio.<sup>8,11,26,27</sup> Sin embargo, debe notarse que en presencia de pH ácido los ionómeros pueden experimentar alteraciones superficiales por erosión ácida e incrementar su solubilidad y desintegración.<sup>9,26</sup> Aunque son bastante resistentes a la disolución se debe proteger con un barniz después de hecha la obturación, porque el material absorbe agua.<sup>8,11,26,27</sup>

- **Propiedades adhesivas:** El comportamiento quelante del ácido poliacrílico le confiere adhesión específica a los dientes y a algunos metales de uso odontológico.<sup>11,26,27</sup> Se trata de una unión química de naturaleza iónica entre los grupos carboxílicos y el calcio de la hidroxiapatita del esmalte y dentina. Para que esto se produzca es necesario poner el material en contacto con el tejido dentario cuando todavía existen grupos carboxilo sin reaccionar y que la superficie de preparación no esté reseca. Si se demora el trabajo clínico y se deja avanzar la reacción, lo que se puede notar por la pérdida de brillo de la mezcla, no se logra la adhesión deseada.<sup>8,9,26</sup> Se ha demostrado que los cementos se unen más fácilmente al esmalte que a la dentina.<sup>11,12</sup>

Cuando se quiera mejorar la adhesión, se puede preparar la superficie tratándola con soluciones de ácido polialquenoicos, como el ácido poliacrílico al 10 % o 25%, durante 30 segundos y luego el lavado. La acción del ácido poliacrílico permitirá eliminar el barro dentinario, limpiar la preparación e impregnar los tejidos dentinarios, lo que luego facilitará la adaptación del cemento.<sup>8,26</sup>
- **Propiedad anticariogénica:** Se ha comprobado que los ionómeros poseen propiedades anticariogénicas, debido a que la matriz contiene fluoruro de calcio, la cual desprende iones fluoruro al quedar liberado de la estructura nucleada del cemento como fluoruro de sodio.<sup>11,12,26,27</sup> Cabe destacar que la mayor parte de flúor se libera en los primeros días y que los valores decrecen a medida que transcurre el tiempo, pero tiene la posibilidad de actuar como reservorio de flúor si el paciente recibe aportes de fluoruros adicionales mediante topificaciones o enjuagatorios.<sup>8,26</sup> Así, el ionómero de vidrio puede incorporar iones fluoruro por un mecanismo de difusión hacia su masa y proceso de liberación ya explicado.<sup>26</sup>
- **Compatibilidad biológica:** La poca irritabilidad del cemento se debe a que el ácido poliacrílico es débil en comparación con el ácido fosfórico, tiene mayor

peso molecular que limita la difusión del polímero en los canalículos dentinarios.<sup>11,26</sup> si bien el pH inicial es ácido, en pocos minutos alcanza un pH cercano a la neutralidad, lo que asegura una adecuada protección pulpar.<sup>9,26</sup>

Debido a que el material tiene un coeficiente de expansión térmica similar al de las estructuras dentarias, se puede reducir la microfiltración sustancialmente.<sup>11</sup>

Este material, utilizado como base, tiene una baja conductibilidad térmica y color similar a la dentina.<sup>11,27</sup>

- **Propiedades mecánicas:** Presenta valores altos de resistencia a la compresión comparado con otros cementos.<sup>4,11,12</sup> Se caracterizan por poseer valores de rigidez similares a la dentina, por lo que se han convertido en el material ideal para efectuar rellenos o bases cavitarias. Presenta baja resistencia a la abrasión.<sup>12,26</sup>

El comportamiento tixotrópico de la molécula del poliácido carboxílico se observa en el momento de la mezcla y al presionar esta sobre el diente con la estructura hecha fuera de la boca, lo que la hace fluir y alcanzar así espesores finos.<sup>27</sup>

**Imagen Nº 1: Tabla de diferencias de propiedades mecánicas del ionómero de vidrio con otros cementos**

Tipo de cemento	Resistencia Compresiva (MPa)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Módulo de Elasticidad (GPa)
<b>Ionómero de vidrio</b>	166	9.2	2.3
<b>Policarboxilato de cinc</b>	72	5	5.4
<b>Fosfato de cinc</b>	90	3.6	16

Fuente: Resistencia a la compresión del cemento ionómero de vidrio como base cavitaria ante el grabado con ácido ortofosfórico al 37%.<sup>14</sup>

### 3.2.2.5 Composición:

El cemento de ionómero de vidrio, también denominado cemento de polialquenoato de vidrio, ya que el líquido es una solución del polímero de ácido polialquenoico y el polvo es un vidrio basado en alúmina y sílice. La proporción en la que se mezclan esos óxidos determina, junto a otros factores, la facilidad con que puede ser atacado por un ácido y con ello la velocidad de la reacción de endurecimiento del cemento.<sup>8</sup>

**A. Polvo:** Consiste en un vidrio amorfo de sílice y alúmina (óxido de aluminio), modificado con fluoruro y óxidos metálicos. Preparado con fundente a base de fluoruro, utilizado para lograr la fusión de la sílice y la alúmina; modificado con óxidos metálicos, con partículas de 20 a 50  $\mu\text{m}$  de tamaño, cuando el material se utiliza para obturaciones y menor de 25  $\mu\text{m}$  cuando se emplea como cemento.<sup>8,11,12,26,27</sup> Algunos fabricantes agregan polvo de óxido de cinc como buffer para controlar la reacción.<sup>11</sup>

Otros óxidos, como puede ser el óxido de calcio, que se incorporan para balancear en parte el desequilibrio energético que produce la presencia de dos elementos de valencia diferente como el silicio y el aluminio. Otros, como el estroncio o bario, son incorporados para lograr radiopacidad. Se incorpora además pigmentos para imitar el color de los tejidos dentarios. La reactividad del polvo está controlada por la relación entre los componentes básicos, óxido de silicio y óxido de aluminio, y también por la temperatura de fusión y por el tratamiento térmico realizado por el fabricante al enfriar el vidrio industrialmente.<sup>8,12,27</sup>

**B. Líquido:** El líquido en los ionómeros originales es una disolución del ácido poliacrílico. Actualmente está formado por soluciones acuosas de homopolímeros y copolímeros del ácido poliacrílico en una concentración 40 a 45% en masa.<sup>8,11,28</sup> El ácido itacónico, también presente, reduce la viscosidad del líquido y lo hace más resistente a la gelificación. Además, este ácido hace

más reactivo al líquido, al cual se le agregaron sustancias quelantes de bajo peso molecular como el ácido tartárico, con el objeto de modificar la concentración y reducir la viscosidad, actuar como endurecedor y acortar el tiempo de fraguado. El ácido tartárico toma iones con facilidad y evita la formación demasiado rápida de las sales de ácidos polialquenoicos (polialquenoatos). De esta manera se puede prolongar el tiempo de trabajo sin afectar el fraguado final y así facilitar la labor del profesional al regularse el desplazamiento de iones del vidrio durante la reacción ácido base.<sup>8,11,12,26,27,28</sup> Algunos líquidos contienen ácido polimaleico que modifica la reacción y hace menos reactivo al aluminosilicato dando más translucidez y estética a la restauración.<sup>8,11</sup>

En algunos ionómeros el ácido se seca al vacío y se incorpora al polvo, lo cual evita la polimerización del líquido durante su almacenamiento, a estos ionómeros se les denominados anhidros.<sup>8,11</sup>

#### **3.2.2.6 Reacción química:**

Es una reacción ácido-base, en la cual el polvo actúa como la base para reaccionar con los poliácidos del líquido. Una vez realizada la mezcla de los componentes, polvo y líquido, la reacción se da en tres fases consecutivas:

- Fase I: Esta fase del fraguado se denomina filtración.<sup>22</sup> y comienza el ácido ataca al vidrio y de la mezcla se liberan iones de calcio u otros (Sr, Zn), aluminio y flúor.<sup>4,8,11,26,27</sup> Esta fase sucede durante la preparación de la mezcla. En esta etapa, cuando aparece brillante superficialmente, posee el máximo de reactividad adhesiva y se debe de inmediato cargar la restauración con el cemento, cuando la mezcla pierde brillo quedan pocos grupos carboxilos para la unión.<sup>5</sup>
- Fase II: Se denomina etapa de gelación inicial, debido a la gran presencia de iones metálicos en el líquido.<sup>28</sup> Los iones de calcio reaccionan rápidamente con

el líquido, formándose puentes de sal entre los grupos carboxilos con carga negativa. Se produce un entrecruzamiento de las cadenas de poliacrilato, dando origen al fraguado inicial del cemento (poliacrilato de calcio).<sup>8,11</sup> El cemento tiene una apariencia rígida y opaca.<sup>5</sup>

- Fase III: Denominada fase de maduración.<sup>28</sup> La reacción continúa a pesar que los iones de aluminio, por ser trivalentes, tienen mayor dificultad para reaccionar y formar puentes de sal. Al final de la reacción se forma una masa dura de poliacrilato de aluminio.<sup>8,11</sup> La apariencia cambia de opaca a translúcida.<sup>5</sup>

Aluminio silicato de vidrio + ácido poliacrílico  $\longrightarrow$  gel polisal + gel silícico

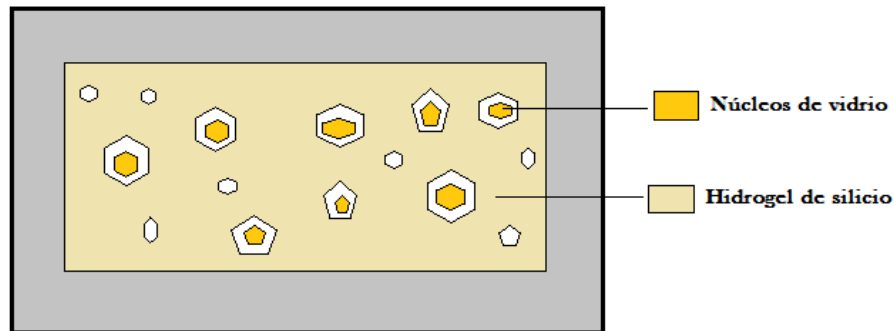
El proceso tarda en completarse, aunque la masa adquiere el aspecto de endurecida al cabo de unos minutos (cuatro a siete minutos en promedio). Este fraguado inicial se caracteriza por la formación de una matriz basada en sales de poliacrilato de calcio, estroncio o cinc. El fraguado final o maduración química del cemento sucede como consecuencia de la precipitación de una sal de poliacrilato de aluminio.<sup>8,26</sup> La reacción se completa en 24 horas, este es el tiempo en el cual los iones restantes se unen a la matriz de hidrogel, la cual se endurece paulatinamente.<sup>27,28</sup> En las primeras fases son sensibles al desbalance hídrico lo que quiere decir que no deben desecarse ni humedecerse en las primeras horas. El efecto al secarlos en exceso es el resquebrajamiento y al exponerlos a la sobrehidratación el efecto es la disolución de sus componentes.<sup>29</sup>

Es interesante destacar que junto con la salida de cationes de la estructura del vidrio también se produce la salida de los fluoruros. Estos fluoruros no intervienen en la reacción de fraguado, sino que quedan relativamente libres en la estructura y pueden salir de ella cuando son expuestos al medio bucal.<sup>8,13</sup>

### 3.2.2.7 Características del cemento fraguado:

Una vez que se ha logrado la reacción entre el polvo y el líquido, el cemento consiste en partículas de vidrio sin reaccionar, recubiertas por un gel silícico o hidrogel en una matriz de polisales.<sup>11,12</sup>

**Imagen N° 2: Cristalización y fraguado del ionómero de vidrio**



Fuente: Biomateriales Odontológicos de uso Clínico, 4ª edición.<sup>5</sup>

### 3.2.2.8 Papel del agua durante fraguado:

El agua es el constituyente más importante del líquido de cemento y está dentro de su composición en casi un 40%. Sirve como medio de reacción inicial y después muy lentamente hidrata la matriz, con lo que se incrementa la resistencia del material. Es responsable del transporte de iones calcio y aluminio para formar la matriz final de polialquenoatos. Durante el periodo de reacción inicial, esta agua puede ser removida con facilidad por la desecación. Conforme continúa el fraguado, la misma agua hidrata la matriz, esta hidratación es crítica en la producción de una estructura estable del gel y brinda resistencia al cemento. Por lo tanto, la exposición a un medio acuoso del material en la fase de maduración trae como consecuencia el debilitamiento, reblandece la superficie y genera opacidad superficial. Debido a que los iones que aún no han formado enlaces son solubles. Si la mezcla es expuesta al ambiente sin cubrirla, la superficie se agrieta y fractura como resultado de la desecación lo que

genera como resultado final un cemento con características físicas débiles, presenta resquebrajamiento y disminución de sus propiedades estéticas.<sup>2,12,28</sup>

#### **3.2.2.9 Ventajas:**

- Buena resistencia compresiva.<sup>11,27,28</sup>
- Presenta baja contracción, lo que reduce la microfiltración y asegura su buena adhesión a las estructuras dentarias.<sup>11,28</sup>
- Coeficiente de expansión térmica similar a la del diente.<sup>11,28</sup>
- Su módulo elástico es alto, similar al de la dentina lo que le confiere rigidez adecuada.<sup>28</sup>
- Efecto anticarigénico por la presencia de flúor en su composición.<sup>11,27,28</sup>
- Fácil de mezclar.<sup>11</sup>
- Baja solubilidad.<sup>8,11,27</sup>
- Son radioopacos.<sup>28</sup>

#### **3.2.2.10 Desventajas:**

- Restauración estética aceptable, apariencia menos estética que los composites.<sup>11,28</sup>
- Fraguado inicial lento. La mezcla no adquiere propiedades físicas y químicas suficientemente buenas cuando la reacción inicial de quelación se está dando con el calcio, sino que se da con el aluminio, el tiempo para que se dé toda esta reacción es de 24 horas.<sup>11,27</sup>
- Sensibilidad pulpar si se reseca el diente.<sup>11</sup>
- Sensible a la humedad, se debe proteger durante las primeras 24 horas.<sup>11,27</sup>
- Susceptible a la deshidratación durante las 24 primeras horas.<sup>11</sup>



### **3.2.2.11 Ionómeros de vidrios modificados con metal:**

#### **a. Definición:**

Con el objeto de mejorar las propiedades físicas del ionómero se han incorporado, en la composición, polvos metálicos. Los más comunes se basan en sinterización (unión a altas temperaturas) de partículas de vidrio con partículas de plata metálica. El líquido mantiene la composición de los ionómeros ya mencionados.<sup>8,11</sup> En la actualidad existen dos productos completamente diferentes:<sup>11</sup>

- Agregado simple del polvo metálico en proporciones determinadas, los cuales se denominan mezclas (mixture).
- El metal se une al ionómero por sinterización. A esta mezcla se le denomina Cermets.

#### **b. Tipos:**

- Mezclas de vidrio ionomérico-metal “mixture”:

La mezcla de ionómero-metal se obtiene agregando aleaciones para amalgama al polvo de vidrio ionómero en una proporción de 12 a 14% por volumen. Pueden utilizarse para reconstrucción de muñones, base de obturaciones de dientes temporales y pueden grabarse.<sup>11</sup>

-Ionómero “Cermet”: Los ionómeros ceramometálicos o cermet consisten en la unión de polvo de vidrio ionomérico con un metal, oro o plata por sinterización a 800°C, formando aglomerados. Luego es molido hasta convertirlo en polvo de partículas fusionadas de vidrio-metal. Dentro de las propiedades mejoradas tenemos mayor resistencia al desgaste y una mayor resistencia a la compresión. Están indicados como base de restauraciones oclusales pequeñas, reconstrucción de muñones, obturación de dientes temporales, pilares de sobre dentadura y sellantes.<sup>11</sup>

### **3.2.2.12 Ionómeros de vidrio híbridos:**

#### **a. Definición:**

Llamados también ionómeros de vidrio modificados con resina, se diferencian de los convencionales en que tienen, además de la reacción ácido-base, reacciones de polimerización por radicales libres,<sup>11</sup> y su tiempo de trabajo es mayor y el endurecimiento se reduce a sólo 20 a 30 segundos de fotopolimerización.<sup>26</sup>

La cinética de la reacción ácido base de los ionómeros convencionales limita las posibilidades de disponer de un cemento con un largo tiempo de trabajo y corto tiempo de fraguado. Una alternativa interesante surge a partir de una lenta reacción ácido base para tener un adecuado tiempo de trabajo y complementarla con una reacción que produzca un rápido endurecimiento. Este último tipo de situación obtiene con un mecanismo de fotopolimerización.<sup>8</sup>

#### **b. Clasificación:**

De acuerdo con el curado, se pueden clasificar en dos tipos:<sup>11</sup>

- De curado doble: en la cual hay una reacción ácido básico, una reacción de fotopolimerización.
- De curado triple: presentan una reacción ácido básica, una reacción de fotopolimerización y una reacción de autocurado (óxido-reducción).

De acuerdo al uso, se pueden clasificar: <sup>11</sup>

- Base o protector de cavidades
- Base, reconstrucción y restauración.
- Cementos

#### **c. Composición y reacción de fraguado:**

El líquido contiene una solución de un ácido poliacrílico que, además de tener grupos carboxilo, tiene grupos vinílicos con dobles ligaduras para reaccionar. Esto significa grupos adicionales con dobles ligaduras y por ende con capacidad de polimerizar por adición. Además, el líquido también incluye otras moléculas de resina hidrófila (soluble

en agua) con capacidad de polimerizar como es el hidroxietilmetacrilato (HEMA).<sup>8,9,12</sup>

El contenido de agua en este tipo de material es menor.<sup>12</sup>

El polvo presenta la composición descrita para los ionómeros convencionales, descritos anteriormente (vidrio sílice y alúmina con fluoruros o vidrio de fluoraluminosilicato), además contiene sustancias capaces de iniciar polimerización (iniciadores).<sup>8,12</sup> Según el iniciador que se haya incorporado, la activación puede hacerse con luz (iniciadores del tipo dicetona-amina) o sobre una base de una reacción química (iniciador de tipo peróxido activado con aminas). Algunos ionómeros incluyen ambas posibilidades y la polimerización se da ante la acción de la radiación de luz o por activación química en aquellas zonas donde la luz no llega.<sup>8</sup>

En los ionómero híbridos fotopolimerizables también se producirá la reacción propia del ionómero, pero como contiene una resina con grupos metacrílicos capaces de polimerizar por acción de luz visible, la reacción de fraguado inicial es por polimerización de estos grupos metacrílicos, esta se producirá en pocos segundos (20 y 30 segundos) con el consiguiente beneficio de tiempo clínico. Cabe destacar que aunque la resina que contiene el cemento fotopolimerizable endurece con rapidez, la reacción lenta ácido básica continua hasta completarse totalmente, aún cuando el ionómero este completamente endurecido, lo que le confiere al cemento las propiedades esenciales que lo caracterizan<sup>9,26</sup> y resistencia final.<sup>12</sup>

Debe comprenderse que los grupos metacrílicos (aquellos que contiene doble ligadura) constituyen una unidad con el ácido carboxílico y que la polimerización lumínica no excluye la capacidad adhesiva de los grupos carboxílicos.<sup>9,26</sup>

Existen también los ionómero modificados con resina de autopolimerización que fueron presentados hacia 1993, como materiales para el cementado de restauraciones indirectas. Tienen la misma composición básica de todos los ionómeros así como resinas hidrófilas y ácidos polialquenoicos modificados en el líquido. El sistema de activación química permite una reacción de óxido-reducción activada por un

catalizador presente en el polvo. Esta reacción suele ser más rápida, no permitiendo un adecuado tiempo de trabajo.<sup>9</sup>

**d. Propiedades:**

- ✓ Adhesión a la estructura del diente: El mecanismo de adhesión es similar al de los ionómeros de vidrio convencionales.<sup>12</sup>
- ✓ Liberan también fluoruros.<sup>8,12</sup>
- ✓ Propiedades físicas: La reducción en la translucidez del material por una diferencia significativa en el índice de refracción entre el polvo y la matriz de la resina polimerizada.<sup>12</sup> La resistencia a la tensión de los ionómeros de vidrio modificado con resina es mayor que la de los ionómeros convencionales.<sup>12</sup>
- ✓ Adhesión a otros materiales de restauración: Comparado con los ionómeros convencionales tiene una mayor fuerza de adhesión a un compuesto de resina.<sup>12</sup>
- ✓ Adaptación marginal: Si bien al contener resinas en su composición puede esperarse que presente algo de contracción, desde el punto de vista clínico este es despreciable.<sup>26</sup>
- ✓ Sensibilidad al agua: Presenta baja solubilidad en el medio bucal.<sup>12</sup>
- ✓ Su módulo elástico es inferior comparado con los ionómeros convencionales.<sup>26</sup>

**3.2.2.13 Ionómero de vidrio como Base Cavitaria:**

Empleado como base cavitaria, el ionómero se ha convertido en el material de elección para dicho procedimiento clínico, no sólo porque posee la rigidez suficiente para soportar las fuerzas de la masticación y de la oclusión transmitidas por las restauraciones, sino también por las características adhesivas y de compatibilidad biológica ya mencionadas. En los ionómero vidrio para base la formulación de este ha

sido modificada y contiene menos aluminio y otros óxidos (como óxido de zinc), lo que lo hace más soluble pero con menor tiempo de fraguado.<sup>9,26</sup>

#### **3.2.2.14 Técnica de manipulación del ionómero de vidrio base:**

Por las características y propiedades mencionadas, los ionómeros de vidrio son muy sensibles a la manipulación, lo que representa uno de los principales factores del éxito o fracaso de una restauración. Más que espatularse, el ionómero debe mezclarse rápidamente hasta obtener la consistencia deseada o indicada según el uso: será fluida cuando se realice un recubrimiento (liner) o cementado; y más espesa cuando se efectúe una base, un relleno o una restauración.<sup>26</sup>

Para bases cavitarias los espesores deben ser mayores a 0,5mm indicados en cavidades del sector posterior que serán restauradas con resinas o restauraciones rígidas. En estos casos, los ionómeros convencionales siguen teniendo aplicación en virtud de las propiedades ya mencionadas y porque aseguran un total endurecimiento de la masa insertada, aunque deban esperarse algunos minutos antes de proseguir con los pasos restauradores. Los ionómeros híbridos por su mecanismo de endurecimiento no sólo aseguran el fraguado de la totalidad del volumen insertado en cavidad, sino que son más sencillos de emplear y endurecen más rápido simplificando los procedimientos clínicos.<sup>9</sup>

#### **Técnica para la aplicación clínica del ionómero de vidrio base:**

Para bases, el procedimiento se basa en la necesidad de proteger el complejo dentinopulpar de agentes químicos y físicos durante la restauración con resinas. El procedimiento clínico consiste en los siguientes pasos:<sup>26</sup>

- Preparación de la pieza dentaria, si se diagnostica que la permeabilidad dentinaria es elevada por la profundidad de la cavidad, colocación de hidróxido de calcio.

- Pretratamiento de la dentina; en ionómero convencional el pretratamiento se realiza con ácido poliacrílico y si se emplea ionómero modificado con resina se utilizara acondicionadores o primers.
- Preparación e inserción del ionómero. Si se trata de un ionómero convencional, una vez colocado se deberá esperar por lo menos cinco minutos antes de proseguir con la restauración. En el ionómero híbrido se aplicará la lámpara por 20 segundos y luego se continuará con la restauración.
- A continuación, se procederá con el grabado con ácido fosfórico de las paredes dentinarias, colocación de adhesivo y por último restauración con resina.

### **3.2.2.15 Ionómeros de vidrio base utilizados en el estudio:**

A. *Ionómero de vidrio base convencional:* Ketac™ Bond de 3M ESPE (Anexo N°3)

Información según fabricante:

- Composición: El polvo contiene aluminio, sílice, flúor y calcio. Copolímero de ácido acrílico y ácido maleico. El líquido contiene agua y ácido tartárico.<sup>30</sup>
- Resistencia a la compresión:<sup>14</sup> 67.83 MPa
- Características: Material restaurador de base, liberación de flúor, excelentes características de manipulación, alta resistencia a la flexión, radiopaco y excelente adhesión a esmalte y dentina.
- Dimensiones: Polvo 10 grs. y líquido 12 ml.
- Calidad: Producto con aprobación de la FDA, Certificación de la Unión Europea (CE). Fabricante certificado con ISO 13485 e ISO 9001.
- Indicaciones: Material base debajo de restauraciones.

B. *Ionómero de vidrio base híbrido:* Vitrebond™ de 3M ESPE (Anexo N° 4).

Información según fabricante:

- Composición: El polvo contiene óxido de silicio, fluoruro de aluminio, óxido de zinc, óxido de estroncio, criolita, óxido de magnesio, fluoruro de amonio y óxido

fosfórico. El líquido contiene ácido poliacrílico modificado con grupos metacrílicos, HEMA, agua y fotoiniciadores.<sup>31</sup>

- Resistencia a la compresión:<sup>31</sup> 96.5 MPa
- Características: Cemento de ionómero de vidrio modificado con resina, fotopolimerizable.
- Dimensiones: Polvo 9 gr. y líquido 5.5ml.
- Calidad: Producto con aprobación de la FDA y Certificación de la Unión Europea (CE). Fabricante certificado con ISO 13485 e ISO 9001.
- Indicaciones: Base cavitaria de fotocurado, bajo restauraciones directas e indirectas.

### **3.2.3 TÉCNICA DE GRABADO ÁCIDO:**

Dentro de las características que debe poseer una superficie adherente (a la cual se le va a efectuar adhesión a un composite), se menciona las superficies lisas y particularmente limpias, libres de impurezas y provistas de alta energía superficial atractiva, apta para la adhesión.<sup>5</sup>

#### **3.2.3.1 Grabado en esmalte:**

Gracias a trabajos de investigación del doctor Michael Buonocore en su publicación que data hace más de 45 años, se logra un método simple de condicionar las superficies del esmalte para unirse con resinas acrílicas mediante el uso de soluciones ácidas. Este descubrimiento abre las puertas a la odontología adhesiva.<sup>5</sup>

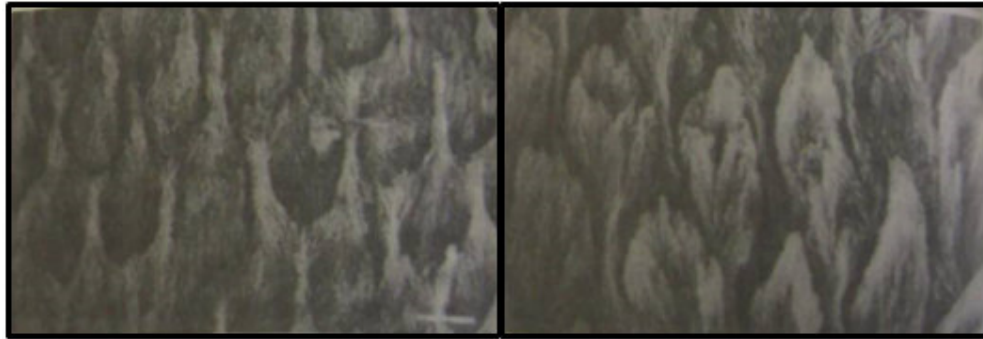
#### **Concentración y efectos:**

Inicialmente Buonocore utilizó el ácido fosfórico al 85% para la técnica de grabado de esmalte, posteriormente Silverstone comprueba como las altas concentraciones de ácido están en relación inversa a la formación de microporos.

Silverstone clasifica el efecto de grabado ácido, en la estructura histológica del tejido esmalte en tres patrones:<sup>5</sup>

- Patrón I de grabado: el efecto desmineralizante con remoción de sales de Ca, se efectúa primordialmente en el centro de cada varilla, dejando la periferia intacta.
- Patrón II de grabado: el efecto ácido tiene predilección en los contornos de la varilla adamantina.
- Patrón III de grabado: efecto combinado de los dos descritos anteriormente.

**Imagen Nº 3: Patrón de grabado ácido en esmalte tipo I y tipo II**



Fuente: Biomateriales odontológicos de uso clínico 4ª edición.<sup>5</sup>

Los efectos logrados con el grabado ácido sobre el esmalte son:<sup>5</sup>

- Limpieza de la superficie: disolución de la capa superficial contaminante.
- Desmineralización superficial y profunda hasta 30 micrones por ataque del ácido a la hidroxiapatita, formación de fosfato de calcio los cuales al ser removidos dejan una superficie porosa que servirá de anclaje micromecánico.
- Modificación de la capa superficial no reactiva del esmalte, produciendo un sustrato de alta energía superficial con atracción polar.



### **3.2.3.2 Grabado ácido en dentina:**

A diferencia del esmalte la adhesión en dentina se hace dificultosa por las características de su substrato.<sup>5</sup>

- Composición heterogénea (orgánica e inorgánica).
- Una fracción importante de agua y fluidos tubulares que dificultan la acción adhesiva.
- Componente colágeno de baja energía superficial.
- Presencia de túbulos dentinarios con prolongaciones odontoblásticas.
- Presencia superficial de una capa de desechos dentinales (smearlayer) que debe ser eliminada.
- Vitalidad pulpar que debemos preservar; evitando el recalentamiento durante la preparación cavitaria. La dentina profunda o medianamente profunda no debe ser expuesta al grabado con ácido fosfórico o agentes adhesivos autograbadores. Se propone en estos casos, como regla fundamental la protección del complejo dentino-pulpar con liners biocompatibles de fórmulas de ionómero de vidrio.

Efectos del grabado ácido en dentina:<sup>5</sup>

- Desmineralización con exposición de la malla colágena.
- Micro y macroporosidad. Creación de grietas en la dentina intertubular.
- Aumento de la luz tubular.
- Aumento de la permeabilidad dentinaria.
- Por ser hipertónico, producción de fluidos tubulares, con frecuencia con aspiración de odontoblastos. Consecuente irritación pulpar.

Como se ha mencionado la alta permeabilidad ocasionada por el grabado ácido producirá que los sistemas adhesivos penetren con gran facilidad a lo largo del túbulo dentinal, llegando a la capa odontoblástica, con el correspondiente efecto citotóxico que estos poseen.<sup>5</sup>

### **3.2.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

#### **3.2.4.1 Propiedades mecánicas de los materiales:**

El estudio del comportamiento de los materiales ante la acción de fuerzas se conoce como estudio de sus propiedades mecánicas. Éste no se ocupa del análisis de las causas por las cuales, ante la acción de una fuerza, un cuerpo se pone en movimiento (cinemática y/o dinámica), sino del comportamiento de la estructura interna de la materia ante la acción de fuerzas externas. Para que esa modificación interna se produzca deben actuar dos fuerzas opuestas y su acción debe producir una modificación en la posición y distancia entre los átomos y las moléculas que exteriormente se traduce en un cambio de forma del cuerpo. Se denomina deformación mecánica.<sup>8</sup>

#### **3.2.4.2 Definición:**

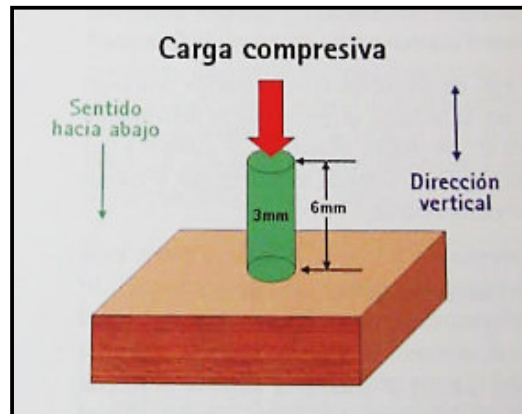
La resistencia compresiva es la tensión máxima que puede soportar un cuerpo sin fracturarse, se origina por la acción de dos fuerzas de igual dirección, actuando sobre una misma recta, y en sentido contrario buscando acercar sus puntos de aplicación y, por ello, generando una tendencia a disminuir la longitud del cuerpo, se inducen tensiones que se denominan compresivas.

Esta tensión se inducen en un cuerpo apoyado sobre una superficie, si bien aparentemente la fuerza actuante es una, no debe olvidarse la presencia de la reacción de la superficie que lo sostiene.<sup>8</sup>

#### **3.2.4.3 Efectos de una fuerza compresiva:**

Una carga compresiva aplicada a un cuerpo le provocara tensiones de reacción que, cuando son superadas, harán que este comience primero a deformarse elásticamente, para luego y aumentada la carga permanentemente, finalmente hasta que la carga venza la resistencia que el cuerpo le opone a la reacción, se fracturará, dado que la tensión que el cuerpo le opuso ha sido superada.<sup>4,5</sup>

#### Imagen Nº 4: Carga compresiva estática sobre un cuerpo en reposo



Fuente: Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva.<sup>4</sup>

#### 3.2.4.4 Deformación por compresión:

Ella afecta principalmente a los biomateriales restauradores sometidos a las cargas de oclusión funcional. Si la carga supera el límite elástico, toda la restauración se deformará permanente, desadaptándose de las preparaciones cavitarias. Si la carga compresiva no supera el límite elástico, la deformación será elástica, pudiendo la restauración recuperarse totalmente.<sup>4</sup>

#### 3.2.4.5 Medición de la resistencia:

Medir la resistencia de un material representa medir cuál es la carga externa necesaria para romper un cuerpo construido con ese material o cuál es la tensión máxima que generan sus uniones antes de romperse. Para ello se confecciona un cuerpo denominado probeta y se le somete a fuerzas progresivamente en aumento hasta su ruptura.<sup>8</sup>

Como la fuerza puede medirse en Newtons, es posible saber cuánto soporto la probeta. Pero esa cantidad de fuerza está relacionada no sólo con el tipo de material utilizado, sino también con el tamaño de la probeta. Se expresa la tensión la resistencia en función de la superficie sobre la cual actúa. Entonces:

$$\text{Resistencia o tensión} = \text{fuerza} / \text{superficie}$$

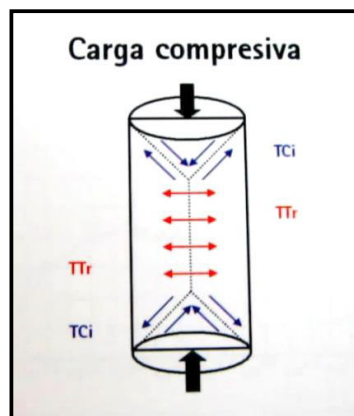
Las correspondientes unidades y símbolos utilizados son:

$$\text{Pascal (Pa)} = \text{newton (N)} / \text{metro cuadrado (m}^2\text{)}$$

Como en realidad esta unidad resulta pequeña para las tensiones y resistencias que se encuentran en el estudio de materiales, por lo común se utiliza un múltiplo de ella, el megapascal (MPa), que es un millón de veces mayor, o sea que equivale a un millón de newton (MN) por metro cuadrado.<sup>8</sup>

Para el estandarizar el estudio de la resistencia a la compresión de los materiales, el cuerpo de prueba debe ser cilíndrico, y su altura, el doble de su diámetro. Esto se debe a que cuando se somete a un cuerpo a la compresión, su ruptura es consecuencia de una serie de tensiones muy complejas, que se generan en el seno del cuerpo. Las cargas compresivas que actúan en la ruptura de un cuerpo cilíndrico generan dos tipos de tensiones: las de cizallamiento y las traccionales. Las primeras adoptan la forma de cono en ambas superficies del cuerpo, y las segundas, se generan desde la parte central del cilindro hacia las paredes laterales.<sup>4</sup>

**Imagen N° 5: Fractura por carga compresiva**



Fuente: Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva.<sup>4</sup>

#### **3.2.4.6 Importancia de la resistencia a la compresión:**

La resistencia a la compresión tiene una gran importancia en muchos materiales de restauración. Esta propiedad presenta importancia especial en el proceso de la

masticación, ya que muchas de las fuerzas que intervienen en este proceso son del tipo compresivo.<sup>26</sup> Entonces, los datos que nos puede entregar el estudio de la resistencia compresiva de los materiales son muy útiles.<sup>4</sup>

### 3.2.4.7 Resistencia compresiva en ionómeros de vidrio:

Según el ISO 9917 - 1 del 2008 que especifica los requisitos de los cementos dentales de base acuosa utilizados para cementación, refuerzo y restauración indica lo siguiente para el ionómero de vidrio:<sup>36</sup>

**Imagen N° 6: Resistencia a la compresión para ionómeros según ISO 9917-1**

Tipo de producto químico	Aplicación	Resistencia a la compresión
		MPa (Mín)
<b>Ionómero de vidrio</b>	Cemento	50
<b>Ionómero de vidrio</b>	Base/ revestimiento	50
<b>Ionómero de vidrio</b>	Restaurador	100

Fuente: Norma ISO 9917-1<sup>36</sup>

### 3.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

- **Límite elástico:** Es la tensión máxima que puede soportar un cuerpo sin perder sus propiedades elásticas, aun cuando se haya perdido proporcionalidad entre la deformación y tensión que la produjo. Su magnitud se mide en unidades de presión que corresponde a MPa (megapascuales).
- **Módulo de elasticidad:** Conocida también como módulo de Young, se define como el módulo de rigidez de un material, es decir a más alto modulo elástico, más rígido es el material.
- **Homopolímero:** Se denomina homopolímero si la formación de una macromolécula durante la polimerización ha intervenido solamente un tipo de monómero.
- **Copolímero:** Se denomina copolímero si en la formación de la macromolécula durante su polimerización han intervenido dos o tres monómeros.
- **Coeficiente de expansión térmica:** Es el cociente que mide el cambio relativo de longitud o volumen que se produce cuando un cuerpo sólido o un fluido cambia de temperatura provocando una dilatación térmica.
- **Híbrido:** Todo elemento lo que es producto de elementos de distinta naturaleza.
- **Pascal:** Es un término utilizado para definir una unidad de presión, resistencia a la tracción, estrés y la elasticidad (módulo de Young). El término se utiliza sólo en los países que han adoptado el Sistema Internacional de Unidades.
- **Megapascal (MPa):** Esto es  $10^6$ , equivale al  $\text{N/mm}^2$ . Se utiliza generalmente para cálculo de cimentaciones y secciones resistentes en estructuras, donde las resistencias suelen darse en  $\text{N/mm}^2$  y las tensiones o esfuerzos sobre el terreno en MPa.

- **Reacción ácido-base:** También se denomina reacción de neutralización, es una reacción química que ocurre entre un ácido y una base produciendo una sal y agua.
- **Quelante:** Se denomina quelante las sustancias que tienen la propiedad de fijar iones metálicos de un determinado complejo molecular.
- **Tixotrópico:** Propiedad de los fluidos de modificar su viscosidad al aplicar una fuerza, disminuyendo aquella y volviendo a su valor original al cesar ella.
- **HEMA:** Siglas de hidroxietilmetacrilato. Es un resina lixiviable e hidrófila.
- **Enlace iónico:** Es la unión de átomos que resulta de la presencia de atracción electrostática entre los iones de distinto signo. La atracción electrostática entre los iones de carga opuesta causa que se unan y formen un compuesto químico simple, aquí no se fusionan; sino que uno da y otro recibe.

### 3.4 HIPÓTESIS:

#### 3.4.1 HIPÓTESIS GENERAL:

- El grabado ácido disminuye la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional e híbrido.

#### 3.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA:

- El ionómero de vidrio base híbrido con grabado ácido presenta mayor resistencia a la compresión comparado con el ionómero de vidrio base convencional con grabado ácido.

### 3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:

VARIABLE	CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA	CATEGORÍA / VALORES
<b>DEPENDIENTE</b>  <b>Resistencia a la compresión</b>	Tensión máxima que puede soportar un cuerpo sin fracturarse.	<p>Tensión expresado en Megapascuales (MPa)</p> <p><math>N/mm^2 = MPa</math></p> <p>Obtenido de las siguientes operaciones:  <math>kg/F = 9.807</math>  Newtons (N)</p> <p>Donde la resistencia se determina en:  <math>R=F/A</math></p>	Cuantitativa	Razón	---- MPa
<b>INDEPENDIENTE</b>  <b>Tipo de ionómero de vidrio base</b>	Material restaurador utilizado como base cavitaria en las restauraciones de cavidades profundas.	Tipo de composición química: - Ionómero de vidrio base convencional. - Ionómero de vidrio base modificado con resina (híbrido).	Cualitativa	Nominal	<p>Ionómero de vidrio base convencional: Ketac™ Bond de 3M ESPE.</p> <p>Ionómero de vidrio base híbrido: Vitrebond™ de 3M ESPE.</p>
<b>INDEPENDIENTE</b>  <b>Grabado ácido</b>	Acondicionamiento de la superficie dentaria que se realiza para conseguir microretenciones para la adhesión de algún material restaurador.	Grabado con ácido fosfórico al 37% gel.	Cualitativa	Nominal	<p>Sin grabado ácido.</p> <p>Con grabado ácido.</p>



## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN:**

- *Según control de la asignación de los factores de estudio:* experimental, debido a que el factor estudio fue asignado por el investigador y es controlado deliberadamente.
- *Según periodo y secuencia del estudio:* transversal, debido a que la variable se mide en un sólo momento.
- *Según inicio del estudio en relación a la cronología de los hechos:* prospectivo, ya que se estudia los hechos que van ocurriendo a medida que se inicia el estudio.
- *Según el análisis y alcance de resultados:* analítico, porque cuantifica la relación entre el efecto de la intervención o exposición sobre el resultado, para lo cual se debe medir tanto en el grupo control como en el grupo de intervención para luego realizar una comparación.

#### **4.1.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:**

Es un diseño cuasiexperimental in vitro, debido a que se manipulará deliberadamente las variables independientes para medir el efecto en la variable dependiente y la muestra no se asignó al azar sino que fueron probetas confeccionadas por la tesista.

### **4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA:**

#### **4.2.1 POBLACIÓN:**

Ionómero de vidrio base convencional e híbrido.

#### **4.2.2 MUESTRA:**

##### **4.2.2.1 Muestreo:**

No probabilística por conveniencia.

##### **4.2.2.2 Tamaño de la muestra:**

La muestra estuvo constituida por 40 probetas cilíndricas de medidas 10 mm de largo, 5 mm de diámetro; divididas en 4 grupos experimentales de 10 muestras cada uno:

- Grupo A1: Probetas de ionómero de vidrio base convencional con grabado ácido.
- Grupo A2: Probetas de ionómero de vidrio base convencional sin grabado ácido.
- Grupo B1: Probetas de ionómero de vidrio base híbrido con grabado ácido.
- Grupo B2: Probetas de ionómero de vidrio base híbrido sin grabado ácido.

### 4.3 PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICA:

#### 4.3.1 MATERIALES:

A. Los ionómeros vidrio base que se utilizaron son:

- *Ionómero de vidrio base convencional:* Ketac<sup>TM</sup> Bond de 3M ESPE (Anexo N°3)

- Composición: El polvo contiene aluminio, sílice, flúor y calcio. Copolímero de ácido acrílico y ácido maleico. El líquido contiene agua y ácido tartárico.<sup>30</sup>
- Resistencia a la compresión:<sup>14</sup> 67.83 MPa

- *Ionómero de vidrio base híbrido:* Vitrebond<sup>TM</sup> de 3M ESPE (Anexo N° 4).

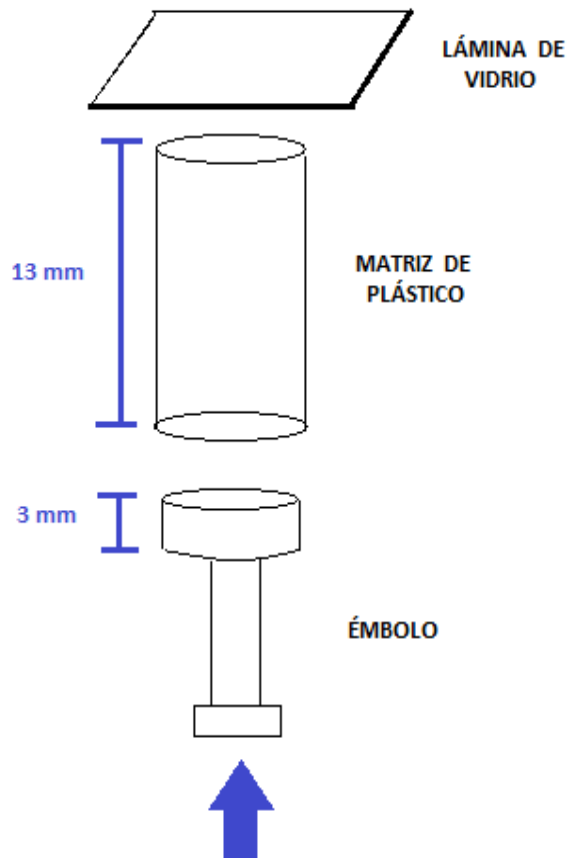
- Composición: El polvo contiene óxido de silicio, fluoruro de aluminio, óxido de zinc, óxido de estroncio, criolita, óxido de magnesio, fluoruro de amonio y óxido fosfórico. El líquido contiene ácido poliacrílico modificado con grupos metacrílicos, HEMA, agua y fotoiniciadores.<sup>31</sup>
- Resistencia a la compresión:<sup>31</sup> 96.5 MPa

B. Para el grabado ácido se utilizó el ácido fosfórico al 37% en gel: ETCHAN-37<sup>TM</sup> gel de Bisco.

C. Para el fotocurado se utilizó la lámpara LED (Diodos emisores de luz azul) Biolux de marca Bio Art que posee una longitud de onda de 470 nm y potencia de 600 - 1000 mW/cm<sup>2</sup>.

#### 4.3.2 PROCEDIMIENTOS:

##### A. Elaboración del molde para preparación de probetas:



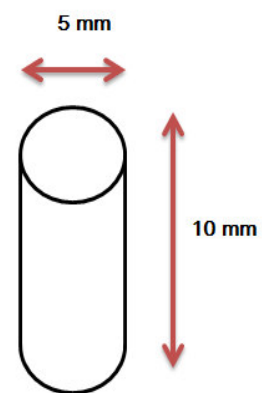
Se empleó un tubo plástico de jeringa de 1ml, la cual se cortó en una medida de 13 mm, su diámetro fue 5 mm.

Se confeccionó un émbolo para el sellado del extremo del tubo, a partir del émbolo de la jeringa. El émbolo se confeccionó con acrílico transparente, donde la superficie de este fue lisa y paralela al borde del tubo.

La tapa del molde fue una lámina cobre objeto que se utilizó para la nivelación del extremo de la probeta.

##### B. Características de la probeta para la realización del ensayo:

Para la realización del Ensayo de Compresión, las muestras que se confeccionaron fueron cilíndricas cuyas medidas cumplieran lo siguiente: la altura debe ser el doble de su diámetro para una mejor distribución de las fuerzas; las superficies de las bases fueron paralelas entre sí, los bordes de las probetas eran rectos y lisos, así como los ángulos de las bases fueron rectos con respecto al eje longitudinal.



Las medidas de la probeta del ensayo fueron 5mm de diámetro y 10mm de altura.

### **C. Preparación de muestras:**

**1. Preparación de la mezcla:** Se realizó en una proporción polvo/líquido indicadas por el fabricante según el tipo de ionómero de vidrio base; para el ionómero vidrio convencional fue de 1:1 y para el ionómero de vidrio híbrido fue de 2:1. Para la dosificación del polvo cada cucharita fue llenada en exceso y luego enrasada contra el enrasador de plástico de la tapa del frasco para retirar el exceso de polvo y obtener una cucharita rasa. Y para obtener el tamaño apropiado de gota del líquido se sostuvo el líquido vial de forma vertical y se dispensó una gota del líquido sobre el block de papel, con lo que se evitó el atrapamiento de aire en la punta del gotero.

La mezcla, para preparar una probeta, necesitó de tres porciones que fueron preparadas a la vez para poder llenar todo el molde en un solo momento, se realizó con una espátula de plástico sobre un block de papel, que viene junto con el material para la realización de las mezclas. Primero se juntó el polvo hacia el líquido para evitar el atrapamiento de aire y se procedió a realizar el mezclado. Tiempo de mezclado de 10 – 15 segundos.

**2. Transporte y colocación de la mezcla en el molde:** Después del mezclado del cemento, este fue transportado en la espátula hacia la punta de aplicación de plástico tipo Centrix, que a su vez fue colocada en la pistola dispensadora, marca Maquira, para la descarga de la mezcla desde el fondo del molde hacia arriba, pegándose hacia una pared y de manera lenta para evitar la formación de burbujas dentro de la probeta. La descarga contuvo una pequeña cantidad en exceso para realizar la compactación con la lámina de vidrio. No se retiró la probeta del molde hasta después del grabado ácido.

- **Ionómero de vidrio base convencional:** El llenado del molde con el material se realizó en un sólo momento y se colocó una lámina de vidrio haciendo una ligera presión para eliminar los excesos y producir una superficie lisa y paralela. Después de 7 minutos de haber empezado el mezclado y cuando el material se mostró fraguado se prosiguió con el grabado ácido.

- **Ionómero de vidrio base híbrido:** Se cargó el molde en un solo momento y se colocó una lámina de vidrio haciendo una ligera presión para eliminar los excesos y producir una superficie lisa y paralela. El fotocurado se realizó 40 segundos para la base superior y 40 segundos en cada lado de la probeta (derecha e izquierda). Inmediatamente después del último fotocurado se prosiguió con el grabado ácido.

#### **D. Grabado ácido:**

Se colocó ácido fosfórico al 37% en gel, marca ETCH-37™ de Bisco, en la superficie superior de la probeta, donde se colocó la lámina porta objetos; se esperó 15 segundos tomando el tiempo con un cronómetro, luego sujetándolo con un portagujas se procedió al lavado con agua destilada por 20 segundos y se secó la superficie con papel toalla. Posteriormente se retiró la probeta del molde.

**E. Calibrado de las medidas de las probetas:** Inmediatamente después de ser retirados del molde, se revisó que la probeta presente continuidad en todas sus superficies, si la probeta no cumplía con este requisito, era desechada de la muestra. Se calibró las medidas de las probetas mediante el uso de un vernier (marca PETRUL) con el que se midió la altura (10 mm) y el diámetro (5mm) de cada probeta.

**F. Rotulado de las muestras:** Posteriormente cada muestra fue rotulada con plumón indeleble en la superficie opuesta al grabado asignándole un número del 1 al 10, y con un color distintivo para cada grupo.

**G. Almacenamiento de las muestras:** Todas las muestras se colocaron en recipientes para cada grupo. Se almacenaron por 24 horas en la estufa del Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos a una temperatura constante de 37°C, esperando de esta manera que termine su fraguado.

**H. Ensayo de compresión:**

Para la medición del esfuerzo necesario para fracturar cada muestra, el ensayo se realizó en el Laboratorio N° 4 de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería bajo la supervisión del Ingeniero Mecánico Sebastián Lazo Ochoa – Jefe del laboratorio de Mecánica.

**1. Características de la máquina:** Máquina de Ensayo Universal marca J. AMSLER de capacidad 5 toneladas y de unidad mínima 1 kilogramo. La máquina cuenta con dos cabezales: uno superior que es móvil y uno inferior que es fijo.

**2. Procedimiento del ensayo y recolección de datos:** Se colocó la probeta en el cabezal inferior, el cabezal superior bajó con una velocidad de desplazamiento constante de 2 mm/min y se colocó sobre la muestra ejerciendo compresión con una determinada carga hasta el momento de la fractura. Esta fuerza fue leída por el dinamómetro que dio la medida en kilogramos/fuerza. Esta medida fue anotada en la ficha de recolección de datos. (Anexos N° 1 Y N° 2)

**4.4 PROCESAMIENTO DE DATOS:**

Los datos obtenidos a partir del Ensayo de Compresión estuvieron expresados en kilogramos/fuerza (kg/F), pero para la determinación de la resistencia a la compresión se requiere que esta medida se exprese en Newtons (N), entonces la equivalencia es:

$$1\text{kg/F} = 9.80665 \text{ Newtons}$$

### Determinación de la resistencia a la compresión:

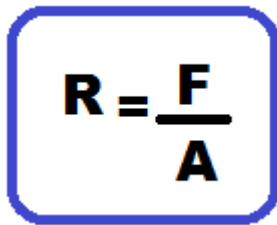
Para la obtención de la resistencia a la compresión se necesitaron los siguientes datos:

- Fuerza de compresión expresada en Newtons: se determinó del ensayo de compresión.
- Área de la superficie expresada en mm<sup>2</sup>: se obtuvo mediante la siguiente fórmula

$$A = r^2 \cdot \pi \quad \text{Donde: } r = \text{radio (se obtiene dividiendo el diámetro entre 2)}$$

$$\pi = 3.1415$$

Entonces, para hallar la resistencia a la compresión se aplicó la siguiente fórmula:


$$R = \frac{F}{A}$$

Donde:

R = Resistencia Compresiva

F = Fuerza expresado en Newtons

A = Área de la superficie expresado en mm<sup>2</sup>

Una vez determinada la resistencia a la compresión en Newtons/mm<sup>2</sup>, esta se igualó a megapascuales (MPa) que es la unidad para resistencias.

$$1 \text{ Newtons/mm}^2 = 1 \text{ MPa}$$

Todos los valores obtenidos fueron registrados en la ficha de recolección de datos (Anexos N° 1 Y N° 2). Esta ficha contiene los datos de carga máxima soportada por el espécimen (kg/f), área de la sección transversal de la muestra (mm<sup>2</sup>) y la resistencia compresiva (MPa).

### 4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Los resultados se analizaron en el programa estadístico Stata versión 12.

- Estadística descriptiva: Se elaboraron tablas descriptivas en el que se muestran las medidas de tendencia central y dispersión (media, desviación

estándar, mediana, mínimo, máximo) por cada grupo experimental. Se elaboraron gráficas de barras para las medias con sus respectivas desviaciones estándar.

- Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, prueba paramétrica, para determinar la influencia de las variables independientes sobre la variable dependiente con un nivel de confianza de 95%.
- Para el análisis de la distribución de datos en cada uno de los grupos experimentales se realizó la prueba de Shapiro Wilk, donde se obtuvo un valor  $P > 0.05$  por lo que se determinó que todas las mediciones presentan distribución normal. Por lo tanto, para realizar comparaciones entre dos grupos se utilizó la prueba paramétrica de T de Student con un nivel de significancia de 0.05.



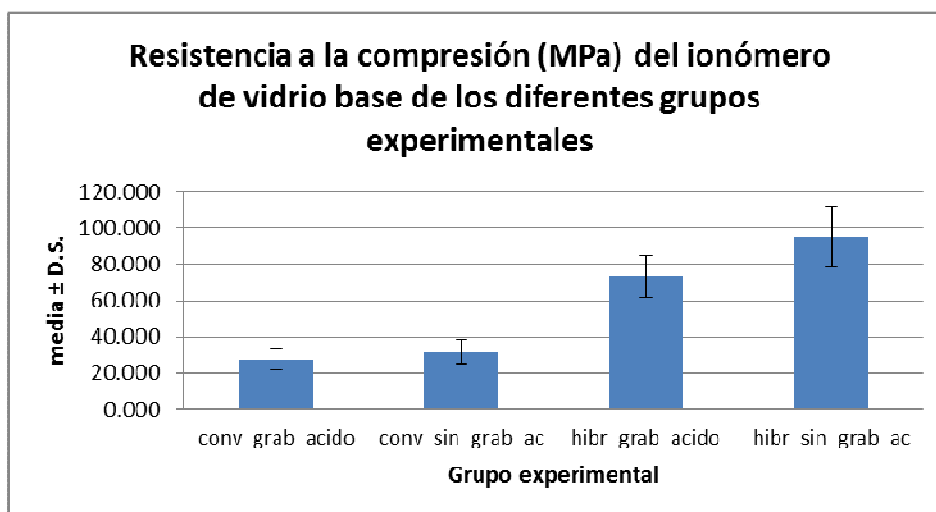
## V. RESULTADOS

**Tabla N° 1: Descripción de datos para cada grupo experimental**

Grupo experimental	N°	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo
Convencional con grabado ácido	10	27.215	5.592	27.710	16.980	33.960
Convencional sin grabado ácido	10	31.513	6.616	31.210	22.970	43.970
Híbrido con grabado ácido	10	73.463	11.463	73.910	58.930	94.890
Híbrido sin grabado ácido	10	95.538	16.844	91.890	76.910	119.860
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>56.932</b>	<b>30.943</b>	<b>51.450</b>	<b>16.980</b>	<b>119.860</b>

El promedio de resistencia a la compresión en el grupo convencional con grabado ácido es de  $27.2 \pm 5.59$  MPa, que es menor a los demás grupos experimentales, se incrementa el promedio de resistencia a la compresión a  $31.51 \pm 6.62$  MPa en el grupo convencional sin grabado ácido. En el grupo híbrido, el promedio de la resistencia a la compresión es más alta, en el grupo con grabado ácido es de  $73.46 \pm 11.46$  MPa y en el grupo sin grabado ácido es mayor siendo un promedio de  $95.54 \pm 16.84$  MPa.

**Gráfico N° 1: Comparación de promedios entre grupos experimentales**



**Tabla N° 2: Evaluación de la influencia de las variables independientes sobre la resistencia a la compresión en la Prueba ANOVA de dos vías**

Número de observaciones = 40

R-cuadrado = 0.8819

Root MSE = 11.0698

Adj R-cuadrado = 0.8720

Fuente de variación	Parcial SS	df	MS	F	Prob > F
<b>Modelo</b>	32929.2285	3	10976.4095	89.57	0.0000
<b>Grabado ácido</b>	2436.52813	1	2436.52813	19.88	0.0001
<b>Tipo de ionómero</b>	20496.0031	1	20496.0031	167.26	0.0000
<b>Interacción grabado_tipo</b>	790.054323	1	790.054323	6.45	0.0156
<b>Residual</b>	4411.46103	36	122.540584		
<b>Total</b>	37340.6895	39	957.453577		

Se observa para la variable grabado ácido un valor  $P = 0.0001$  que muestra  $P < 0.05$ , por lo tanto, el grabado ácido influye en la resistencia a la compresión. Lo mismo sucede con la variable tipo de ionómero de vidrio base, donde el valor  $P = 0.0000$  que muestra un  $P < 0.05$ , por consiguiente, el tipo de ionómero de vidrio base también influye en la resistencia a la compresión. Al analizar la interacción de las variables grabado ácido y tipo de ionómero de vidrio se muestra un valor  $P = 0.0156$ , por lo tanto, la interacción de las variables también influye en la resistencia a la compresión.

Los valores obtenidos revelan que el grabado ácido, el tipo de ionómero y la interacción de ambas variables influyen significativamente en la resistencia a la compresión por presentar valores  $P < 0.05$ .

**Tabla N° 3: Prueba de Shapiro Wilk para evaluar la distribución de los grupos experimentales**

Grupo	Observaciones	W	V	z	Prob> z
Conv_grab_ácido	10	0.945	0.844	- 0.286	0. 613
Conv_sin_grab_ácido	10	0.962	0.583	- 0.879	0.810
Híbr_grab_ácido	10	0.925	1.154	0.248	0.402
Híbr_sin_grab_ácido	10	0.874	1.942	1.220	0.111

El grupo ionómero convencional con grabado ácido presenta un  $P = 0.613$ , que muestra un  $P > 0.05$ , por lo tanto, presenta distribución normal. De la misma forma, el grupo ionómero convencional sin grabado ácido presenta un  $P = 0.810$ , que muestra  $P > 0.05$ , por consiguiente, presenta una distribución normal. Igualmente en los grupos de ionómero híbrido, en el grupo de ionómero híbrido con grabado ácido el  $P = 0.402$ , que muestra un  $P > 0.05$ , por lo tanto, presenta distribución normal; y el grupo ionómero híbrido sin grabado ácido presenta un  $P = 0.111$ , que releva  $P > 0.05$ , por consiguiente, también presenta distribución normal.

Todos los grupos presentan  $P > 0.05$ , entonces, los cuatro grupos experimentales presentan distribución normal, por lo que utilizamos la prueba paramétrica T Student para realizar las comparaciones entre dos grupos.

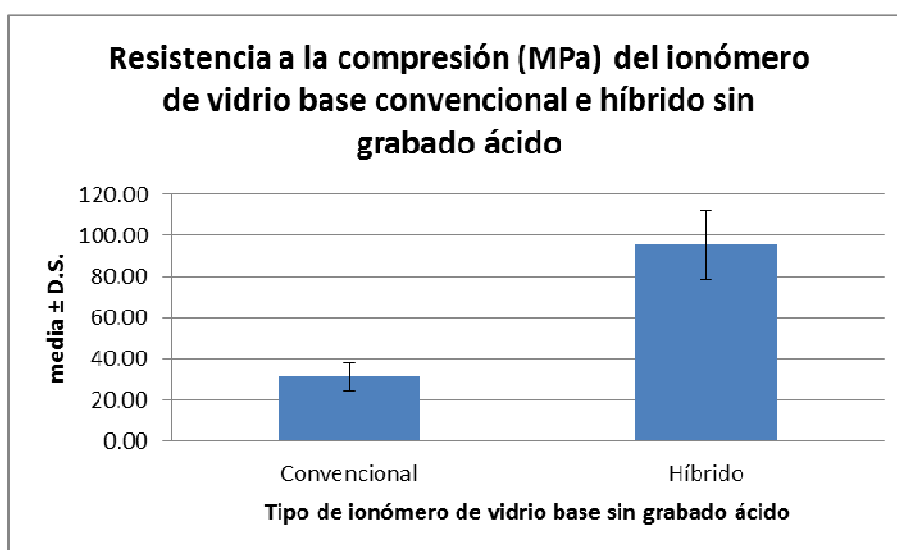
**Tabla N° 4: Comparación de la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional e híbrido sin grabado ácido**

Grupo	N°	Media	E.S.	D.S.	IC 95%		t	P
Convencional	10	31.51	2.09	6.62	26.78	36.25		
Híbrido	10	95.54	5.33	16.84	83.49	107.59	-11.188	0.000

La resistencia promedio a la compresión del ionómero de vidrio base convencional sin grabado ácido es de  $31.51 \pm 6.62$  MPa tres veces menor que la resistencia promedio a la compresión del ionómero de vidrio base híbrido sin grabado ácido cuyo valor es de  $95.54 \pm 16.84$  MPa, al compararlas se encontró un  $P = 0.000$ , que muestra  $P < 0.05$ , es decir, existen diferencias altamente significativas entre los dos grupos.

Por consiguiente, el ionómero de vidrio base híbrido sin grabado ácido presenta mayor resistencia a la compresión comparado con el ionómero de vidrio base convencional sin grabado ácido.

**Gráfico N° 2: Comparación de la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional e híbrido sin grabado ácido**



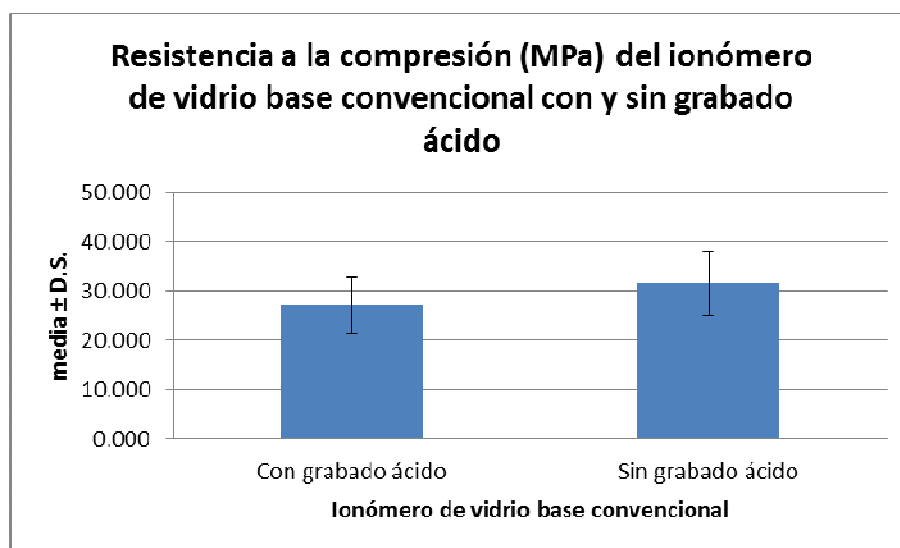
**Tabla N° 5: Comparación de la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional con y sin grabado ácido**

Grupo	N°	Media	E.S.	D.S.	IC 95%		t	P
Con grabado ácido	10	27.215	1.768	5.592	23.214	31.216		
Sin grabado ácido	10	31.513	2.092	6.616	26.780	36.246	-1.569	0.1341

La resistencia promedio a la compresión del ionómero de vidrio base convencional con grabado ácido es de  $27.21 \pm 5.59$  MPa, que es menor a la resistencia promedio sin grabado ácido cuyo valor es de  $31.51 \pm 6.62$  MPa, sin embargo al compararlas presenta un valor  $P = 0.1341$  que muestra un  $P > 0.05$ , es decir, las diferencias no son estadísticamente significativas entre los dos grupos.

Por lo tanto, el grabado ácido disminuye la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional.

**Gráfico N° 3: Comparación de la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional con y sin grabado ácido**



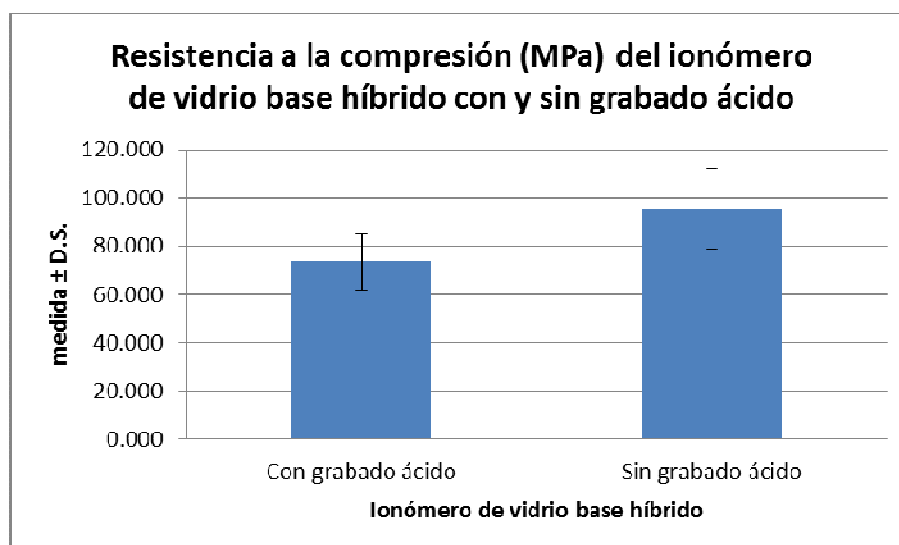
**Tabla N° 6: Comparación de la resistencia compresiva del ionómero de vidrio base híbrido con y sin grabado ácido**

Grupo	N°	Media	E.S.	D.S.	IC 95%		t	P
Con grabado ácido	10	73.463	3.625	11.463	65.263	81.663		
Sin grabado ácido	10	95.538	5.327	16.844	83.488	107.588	-3.426	0.003

La resistencia promedio a la compresión del ionómero de vidrio base híbrido con grabado ácido es de  $73.46 \pm 11.46$  MPa, que es menor a la resistencia promedio a la compresión del ionómero sin grabado ácido cuyo valor es de  $95.54 \pm 16.84$  MPa, al compararlas se encontró un valor  $P = 0.003$ , lo que muestra  $P < 0.05$ , es decir, existen diferencias altamente significativas entre los dos grupos.

Por lo tanto, el grabado ácido disminuye la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base híbrido.

**Gráfico N° 4: Comparación de la resistencia compresiva del ionómero de vidrio base híbrido con y sin grabado ácido**



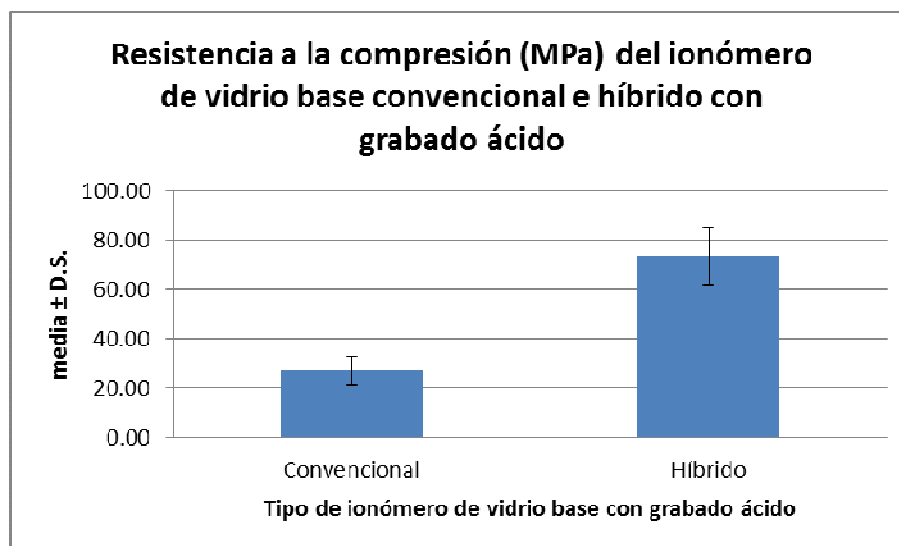
**Tabla N° 7: Comparación de la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional e híbrido con grabado ácido**

Grupo	N°	Media	E.S.	D.S.	IC 95%	t	P
Convencional	10	27.22	1.77	5.59	23.21 31.22		
Híbrido	10	73.46	3.62	11.46	65.26 81.66	-11.467	0.000

La resistencia promedio a la compresión del ionómero de vidrio base convencional con grabado ácido es de  $27.22 \pm 5.59$  MPa casi tres veces menor que la resistencia promedio a la compresión del ionómero de vidrio base híbrido con grabado ácido cuyo valor es de  $73.46 \pm 11.46$  MPa, al compararlas se encontró un  $P = 0.000$ , que muestra un  $P < 0.05$ , es decir, existen diferencias altamente significativas entre los grupos.

Por lo tanto, el ionómero de vidrio base híbrido con grabado ácido presenta mayor resistencia a la compresión comparado con el ionómero de vidrio base convencional con grabado ácido.

**Gráfico N° 5: Comparación de la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional e híbrido con grabado ácido**



## VI. DISCUSIÓN

En la presente investigación se encontró que el ionómero de vidrio base híbrido sin grabado ácido presenta mayor resistencia a la compresión comparado con el ionómero de vidrio base convencional sin grabado ácido, estos resultados concuerdan con el estudio realizado por Lewis y colaboradores<sup>22</sup> en año 1992 donde evaluaron la resistencia a la compresión de siete materiales base (Dycal, VLC Dycal, Time-line, Vitrebond, Ketac Bond, Fuji Lining LC Y XR- Ionomer) en diferentes intervalos de tiempo: 7 minutos, 24 horas y 90 días después de iniciado la preparación del material, concluyendo que los ionómeros de vidrio base híbridos poseen una mayor resistencia a la compresión comparados con los ionómero de vidrio base convencionales.

Burgues y colaboradores<sup>20</sup> en el año 1993 evaluaron la resistencia a la compresión de tres ionómero de vidrio base: Fuji lining LC, Vitrebond (híbridos) y Ketac Bond (convencional) y concluyeron que el ionómero de vidrio base híbrido presenta mayor resistencia a la compresión, estos resultados coinciden con los obtenidos en la presente investigación.

Otras investigaciones que confirman estos resultados son los realizados por Tedesco y colaboradores<sup>17</sup> en el año 2006 donde evaluó las mejoras mecánicas del ionómero de vidrio híbrido comparado con el ionómero de vidrio convencional mediante ensayos de resistencia a la compresión en muestras de cemento curado, concluyendo que los ionómeros de vidrio híbridos presentan una mayor resistencia a la compresión, la investigación realizada por Mallman<sup>16</sup> en el año 2007 donde se comparó la resistencia a la compresión de dos ionómeros de vidrio, uno convencional y uno híbrido, a las 24 horas después de la preparación del material, los resultados mostraron que el ionómero de vidrio híbrido presenta los mejores valores para la resistencia a la compresión y el estudio realizado por Hernández<sup>13</sup> en el año 2012 que realizó un



estudio para comparar la resistencia a la compresión de diferentes ionómeros de vidrio a las 24 horas después de iniciada la preparación del material, los resultados obtenidos mostraron que el ionómero de vidrio híbrido presenta una resistencia a la compresión superior que la del ionómero de vidrio convencional.

En el estudio realizado por Hegarty y colaboradores<sup>21</sup> en el año 1993 evaluó la resistencia a la compresión de cuatro ionómeros de vidrio; Vitrebond, XR Ionomer (híbridos), Ketac Bond y Ketac Cem (convencionales); en intervalos de tiempos de 1 hora y 24 horas después de la preparación, concluyendo que la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio convencional es aparentemente mayor que la del ionómero de vidrio híbrido; resultados que difieren con esta investigación posiblemente por una inadecuada activación en el fotocurado del ionómero de vidrio híbrido como lo manifiesta el mismo autor.

En el presente estudio se encontró que el grabado ácido no disminuye la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional, lo que difiere con el estudio realizado por Zavaleta<sup>14</sup> en el año 2009 donde evaluó la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional (Ketac Bond de 3M ESPE) después del grabado con ácido fosfórico gel al 37% en diferentes tiempos posteriores al inicio del fraguado; a los 10 minutos, 24 horas y 72 horas y concluyó que la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional disminuye con el grabado ácido. Las diferencias encontradas en estas investigaciones se deben probablemente al uso de diferentes protocolos de investigación.

En la presente investigación se encontró que el grabado ácido disminuye la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base híbrido, a diferencia de la investigación realizada por Gil y colaboradores<sup>6</sup> en el año 2013 donde evaluó la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio híbrido después de ser grabado con ácido fosfórico

al 37% en dos grupos, el grupo experimental, donde se aplicó ácido fosfórico durante 15 segundos, y el grupo control; concluyendo que el grabado ácido no disminuye la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base híbrido. Las diferencias encontradas en los estudios son posiblemente porque los parámetros para el ensayo de compresión aplicados en estas investigaciones fueron diferentes.

En esta investigación se obtuvo como resultados que el ionómero de vidrio base híbrido con grabado ácido presenta mayor resistencia a la compresión comparada con el ionómero de vidrio base convencional, no habiéndose encontrado estudios similares al respecto.

## VII. CONCLUSIONES

- El grabado ácido y el tipo de ionómero de vidrio base influyen en la resistencia a la compresión.
- La resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional con grabado ácido es 27.22 MPa y la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional sin grabado ácido es 31.51 MPa.
- La resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base híbrido con grabado ácido es 72.46 MPa y la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base híbrido sin grabado ácido es 95.54 MPa.
- La resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional sin grabado ácido es menor comparado con la del ionómero de vidrio base híbrido sin grabado ácido.
- La resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional con grabado ácido no presenta diferencias significativas comparado con la del ionómero de vidrio base convencional sin grabado ácido.
- La resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base híbrido con grabado ácido es menor comparado con la del ionómero de vidrio base híbrido sin grabado ácido.
- La resistencia a la compresión del ionómero de vidrio base convencional con grabado ácido es menor comparado con la del ionómero de vidrio base híbrido con grabado ácido.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

- Se sugiere realizar estudios comparativos con otros ionómero de vidrio base híbridos para determinar cuál es el que presenta mayor resistencia a la compresión.
- Se sugiere realizar el estudio de otras propiedades mecánicas de los ionómeros vidrio base.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Cedillo Valencia J. Ionómero de vidrio de alta densidad como base en la técnica restauradora de Sándwich. Rev ADM [Revista en Internet]. 2011 [consultado el 28 de setiembre del 2013]; 68(1): 39 – 47. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2011/od1111h.pdf>
2. Hidalgo LR, Mendez RM. Ionómeros de vidrio convencionales como base en la técnica restauradora de sándwich cerrado: su optimización mediante la técnica de acondicionamiento simultáneo y selectivo. Acta Odontol Venez. [Revista en Internet]. 2009 [consultado el 28 de setiembre del 2013]; 47(4): 1-24. Disponible en: [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_aov/article/view/508/460](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_aov/article/view/508/460)
3. Camejo SM, González BO, Solórzano PA, Balda ZR. Protección dentino-pulpar. Acta OdontolVenez. [Revista en Internet]. 1999 [consultado el 26 de julio del 2014]; 37(3): 98-105. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-63651999000300020&lng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63651999000300020&lng=es).
4. Steenbecker GO. Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva. Chile: Universidad Valparaíso; 2006;113-128, 375-382.
5. Guzmán BH. Biomateriales odontológicos de uso clínico. 4ª ed. Colombia: ECOE; 2007; 251-257.
6. Gil GS, Mosquera AS, Hoyos AL, Domínguez JT, Arango L, Gallego C. Cambios en la resistencia compresiva del ionómero de vidrio al ser grabado con ácido ortofosfórico. Revista Nacional de odontología. Colombia [Revista en Internet]. 2013 [consultado el 04 de octubre del 2013]; 9(16): 67-73. Disponible en: <http://revistas.ucc.edu.co/index.php/od/article/view/12/13>
7. Hernández GR, Moraga CR, Velásquez CM, Gutiérrez FF. Resistencia compresiva vidrio ionómerolonofil Molar® y Vitremer® según tiempo de exposición en saliva artificial. Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral

- [Revista en Internet]. 2013 [consultado el 16 de octubre del 2013]; 6(2): 75-77.  
Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/piro/v6n2/art05.pdf>
8. Macchi R. Materiales Dentales. 4<sup>a</sup> ed. Argentina: Médica Panamericana; 2007; 149-156.
  9. Henostroza G, Abate P, Borgia E. Adhesión en Odontología Restauradora. 2<sup>a</sup> ed. Madrid: Ripano Editorial Medica, 2010. 173 – 200.
  10. Yaya K. Asociación antibacteriano del cemento ionómero de vidrio y su aplicación en dentición decidua[tesis]. Universidad Peruana Cayetano Heredia. 2010. Disponible en:  
<http://www.cop.org.pe/bib/investigacionbibliografica/KARENMELISSAYAYAPE REZ.pdf>
  11. Cova Natera J. Biomateriales Dentales. 2<sup>a</sup> ed. Colombia: Amolca; 2010; 223-237.
  12. Anusavice K. Ciencia de los materiales dentales de Phillips. 10<sup>a</sup> ed. Mexico: McGraw Hill Interamericana; 1998; 555-569.
  13. Hernández A. Comparación de la resistencia compresiva entre diferentes tipos de ionómeros de vidrio. Publicación Científica de Universidad de Costa Rica [Internet]. 2012 [consultado el 26 de julio del 2014]; 14: 55-58. Disponible en:  
<http://www.fodo.ucr.ac.cr/sites/default/files/revista/Comparaci%C3%B3n%20de%20la%20resistencia%20comprensiva%20entre%20diferentes%20tipos%20de%20ion%C3%B3meros%20de%20vidrio.pdf>
  14. Zavaleta AL. Resistencia a la compresión del cemento ionómero de vidrio como base cavitaria ante el grabado con ácido ortofosfórico al 37% [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Odontología; 2009.
  15. Busanello L, Telles M, Miranda W, Imparato J, Borges L, Mallman A. Compressive strength of glass ionomer cements used for atraumatic restorative treatment. Rev. odontociênc [Revista en Internet]. 2009 [consultado el 07 de enero del 2014]; 24(3): 295-298. Disponible en:

<http://search.proquest.com/docview/741147772/CC0B886D34D746A1PQ/145?accountid=12268>

16. Mallmann A, Oliveira AJ, Amoedo R, Vicente RP, Borges JL. Compressive strength of glass ionomer cements using different specimen dimensions. *Braz Oral Res [Revista en Internet]*. 2007 [consultado el 07 de enero del 2014]; 21(3): 204-208. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/bor/v21n3/a03v21n3.pdf>
17. Tedesco de Carvalho G, Ogasawara T. Comparação de espessura de película e da resistência à compressão dos cimentos vedantes de ionômero de vidro convencional versus reforçado com resina. *Rev Matéria [Revista en Internet]*. 2006 [consultado el 07 de enero del 2014]; 11(3):287-96. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/rmat/v11n3/v11n3a17.pdf>
18. Aratani M, Pereira A, Correr L, Sinhoreti M, Consani S. Compressive strength of resin-modified glass ionomer restorative material: effect of P/L ratio and storage time. *J. Appl. Oral Sci. [Revista en internet]*. 2005 [consultado el 26 de julio del 2014]; 13(4): 356-359. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/jaos/v13n4/27310.pdf>
19. Xie D, Brandtley WA, Culbertson BM, Wang G. Mechanical properties and microstructure of glass ionomer- cement. *Dent Mater [Revista en base de datos UNMSM]*. 2000 [consultado el 29 de mayo del 2015]; 16(2): 129-138. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0109564199000937>
20. Burgues JO, Bargui N, Chan DC y Hummert T. A comparative study of three glass ionomer base materials [abstract]. *Am J Dent [Revista en internet]*. 1993 [consultado el 29 de mayo de 2015]; 6(3): 137-141. Disponible en: <http://europepmc.org/abstract/med/8240775>
21. Hegarty AM y Pearson GJ. Erosion and compressive strength of hybrid glass ionomer cements when light activated or chemically set. *Biomaterials [Revista en base de datos UNMSM]*. 1993 [consultado el 29 de mayo del 2015]; 14(5):

349-352. Disponible en:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142961293900535>

22. Lewis BA, Burgues JO y Gray SE. Mechanical properties of dental base materials [Abstract]. Am J Dent [Revista en internet].1992 [consultado el 29 de mayo de 2015]; 5(2): 69-72. Disponible en: Lewis <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1524749>

23. Mitra S. Adhesion to Dentin and Physical Properties of a Light-cured Glass-ionomer Liner/Base [abstract].J. Dent. Res. [Revista en Internet]. 1991 [consultado el 25 de abril del 2014]; 70(1):72-74. Disponible en: <http://jdr.sagepub.com/content/70/1/72.short>

24. Tam LE, McComb D y Pulver F. Physical properties of proprietary light-cured lining material [abstract]. Oper Dent [Revista en internet].1991 [consultado el 29 de mayo de 2015]; 16(6): 210-217. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1667819>

25. Tam LE, Pulver E, McComb D y Smith DC. Physical properties of calcium hydroxide and glass-ionomerbase and lining materials. Dent Mater [Revista en base de datos UNMSM].1989 [consultado el 29 de mayo del 2015]; 5(3): 145-149. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2637209>

26. Barrancos MJ. Operatoria Dental: Integración clínica. 4ª ed. Argentina: Médica Panamericana; 2006; 755-767.

27. Barceló SF, Paula CJ. Materiales dentales: Conocimientos básicos aplicados. 3ª ed. México: Trillas; 2008; 97-102.

28. Lanata E. Operatoria Dental: Estética y adhesión. Argentina: Grupo Guía; 2003; 151-158.

29. De la Marroca J. Nuevos materiales a base de ionómero de vidrio: vidrio ionómero híbrido y resinas compuestas modificadas. Rev. Europea de odonto-Estomatología [Revista en Internet]. 1995 [consultado el 26 de julio del 2014]; 7(5): 259-272. Disponible en:



[http://eprints.ucm.es/5053/1/Nuevos\\_materiales\\_a\\_base\\_de\\_vidrio\\_ion%C3%B3mero\\_Vidrios\\_ionomer.pdf](http://eprints.ucm.es/5053/1/Nuevos_materiales_a_base_de_vidrio_ion%C3%B3mero_Vidrios_ionomer.pdf)

30. 3M Material safety data sheet 3M ESPE Ketac-bond™. Disponible en:  
[http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?SSSSSuUn\\_zu8l00x4Y\\_Sox\\_x5v70k17zHvu9lxtD7SSSSSS--](http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?SSSSSuUn_zu8l00x4Y_Sox_x5v70k17zHvu9lxtD7SSSSSS--)
31. 3M Vitrebond™ liner/base: technical product profile update. Disponible en:  
<http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?66666UuZjcFSLXTtmxfX4Xs6EVuQEcuZgVs6EVs6E666666-->
32. Craig Robert. Materiales de odontología restauradora. 10ª ed. España: HarcourtBrace; 1999; 192-195.
33. Bona A, Pinzetta C, Rosa V. Microfiltración de restauraciones sándwich con ionómero de vidrio grabadas con ácido. J Minim Interv Dent [Revista en Internet]. 2009 [consultado el 28 de setiembre del 2013]; 2(1): 207 - 214. Disponible en: <http://mi-compendium.org/journal/index.php/JMID/article/view/120/118>
34. Carbajal M, Ferreto I, Lafuente D. Adhesión de resina compuesta a ionómeros de vidrio con nano-rrelleno. ADM [Revista en Internet]. 2012 [consultado el 22 de noviembre del 2013]; 69(6): 277 – 281. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2012/od126f.pdf>
35. Carel D. Avances en cementos ionómero de vidrio. J Minim Interv Dent [Revista en Internet]. 2009 [consultado el 28 de setiembre del 2013]; 2(1): 171-182. Disponible en: <http://www.mi-compendium.org/journal/index.php/JMID/article/view/117/115>
36. Biblioteca virtual. Normas técnicas internacionales ISO [Base de datos INDECOPI]. Perú: Instituto Nacional de Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. [consultado el 03 de octubre del 2014].
37. Guía para la elaboración de citas y referencias bibliográficas, según el estilo Vancouver. Piura: Universidad de Piura; 2011 [consultado el 10 de mayo del

- 2014]. Disponible en: <http://www.biblioteca.udep.edu.pe/wp-content/uploads/2011/02/Guia-ElabCitas-y-Ref-Estilo-Vancouver.pdf>
38. Hernández SR, Fernández CC, Baptista LP. Metodología de la investigación. 4<sup>a</sup> ed. México:McGraw-Hill Interamericana; 2006; 99-234
39. Cedillo VJ, Cedillo FJ. Protocolo clínico actual para restauraciones profundas. ADM [Revista en internet]. 2013 [consultado el 26 de agosto del 2014]; 70(5): 263 – 275. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2013/od135h.pdf>
40. Cattani LM, Dupuis V, Payan J, Moya F, Meyer J. Effect of water on the physical properties of resin-modified glass ionomer cements [Abstract]. Dent Mater [Revista en internet]. 1999 [consultado el 13 de marzo del 2015]; 15(1): 71-78. Disponible en: [http://www.demajournal.com/article/S0109-5641\(99\)00016-0/fulltext](http://www.demajournal.com/article/S0109-5641(99)00016-0/fulltext)
41. Beriat N, Nalbant D. Absorption and HEMA release of resin-modified glass-ionomers. Eur J Dent [Revista en internet]. 2009 [consultado el 13 de marzo del 2015]; 3: 267- 272. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2761156/>
42. Lim H, Kim S, Yu B, Lee Y. Influence of HEMA content on the mechanical and bonding properties of experimental HEMA-added glass ionomer cements. J Appl Oral Sci [Revista en internet]. 2009 [consultado el 13 de marzo del 2015]; 17(4): 340- 349. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4327652/>

## X. ANEXOS

### ANEXO N° 1: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL IONÓMERO DE VIDRIO BASE CONVENCIONAL

MATERIAL	NÚMERO DE MUESTRA	GRABADO CON ÁCIDO FOSFÓRICO AL 37%	RESISTENCIA COMPRESIVA			
			Carga máxima soportado por el espécimen (Kg/f)	Área de la sección transversal de la probeta mm <sup>2</sup>	R = F/A	Resistencia compresiva en MPa
Ionómero de vidrio base convencional	1	SI				
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	1	NO				
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					

**ANEXO N° 2: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL IONÓMERO BASE  
HÍBRIDO**

MATERIAL	NÚMERO DE MUESTRA	GRABADO CON ÁCIDO FOSFÓRICO AL 37%	RESISTENCIA COMPRESIVA			
			Carga máxima soportado por el especimen (Kg/f)	Área de la sección transversal de la probeta mm <sup>2</sup>	R = F/A	Resistencia compresiva en MPa
Ionómero de vidrio base híbrido	1	SI				
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	1	NO				
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					

## **ANEXO N° 3: INFORMACIÓN DEL MATERIAL SEGÚN EL FABRICANTE PARA KETAC™ BOND**

### **3M ESPE**

#### **KETAC™ BOND**

##### **Descripción del producto:**

Ketac™ Bond es un ionómero vítreo de rápido fraguado para la mezcla a mano. Gracias a su adherencia química al esmalte y a la dentina permite una preparación cuidadosa. Ketac Bond emite iones de fluoruro y es radiopaco. Ketac Bond está a la venta en color amarillo.

La información de uso de este producto debe conservarse durante todo el tiempo de uso.

##### **Campos de aplicación:**

- Obturaciones base bajo composite y amalgama.
- Sellado de fisuras ampliado sin técnica corrosiva de ácido.
- Construcciones de muñón.

##### **Medidas de precaución:**

Puede obtener las FDS de 3M en [www.mmm.com](http://www.mmm.com) o poniéndose en contacto con la empresa subsidiaria correspondiente.

##### **Preparación:**

Eliminar sólo la sustancia de diente cariado, no son necesarios los socavados.

##### **Protección de pulpa:**

Para prevenir las irritaciones de la pulpa, deben cubrirse puntualmente las zonas cercanas a la pulpa con un preparado de hidróxido de calcio de fraguado duro.

**Acondicionamiento:**

- Para una óptima adherencia química a los dientes, la capa de recubrimiento producida en las fases preparatorias debe ser cuidadosamente eliminada por medio de la aplicación del acondicionador Ketac Conditioner a las superficies preparadas, dejando que la sustancia reaccione durante 10 segundos.
- A continuación, enjuagar con agua abundante.
- Secar la cavidad por soplado en sólo 2 -3 intervalos cortos, con aire exento de agua y aceite, o secarla por toques con bolita de algodón. ¡No secar en exceso! La cavidad deberá estar sólo lo bastante seca para que la superficie tenga un aspecto lustroso mate. El secado excesivo puede dar como resultado una sensibilidad postoperatorio después de la obturación.
- Evitar toda contaminación posterior.

**Dosificación:**

Para la dosificación es válido en general:

- Antes del primer uso enroscar el gotero en la botella de líquido.
- Mantener la botella del líquido vertical al dosificar.
- La boquilla dosificadora no debe tener líquido cristalizado.
- Antes de cada dosificación, agitar la botella del polvo para ahuecar el polvo.
- Dosificar el polvo y el líquido sobre el bloque uno junto a otro.
- ¡Cerrar bien las dos botellas después de usar!

Para obturaciones base es conveniente una consistencia casi taponadora. Relación de mezcla según peso: 4,2 partes polvo: 1 parte de líquido (1 gota). La cuchara adjunta sólo sirve como punto de referencia. Echar tantas porciones de polvo en el líquido hasta que se haya logrado la consistencia deseada.

Para sellados de fisuras amplios se recomienda una consistencia cremosa. Relación de mezcla según peso: 3,4 partes de polvo (aprox. 1 cuchara enrasada): 1 parte de

líquido (1 gota). Para la dosificación de polvo llenar ligeramente la cuchara adjunta y rascar con la pieza de plástico de la botella.

**Mezcla:**

Tratamiento de Ketac Bond a 20 - 25°C/ 68 - 77°F de temperatura ambiente. Mezclar el polvo y el líquido con una espátula para cemento metálica o de plástico sobre un bloque de mezcla o una placa de cristal. Extender la pasta varias veces hasta que se logre una consistencia homogénea.

**Aplicación:**

Evitar cualquier tipo de contaminación por agua o saliva, etc. durante toda la aplicación y mantener seca el área de trabajo.

Las obturaciones estéticas deben realizarse con la llamada técnica sándwich, en la que las obturaciones base de cemento de ionómero vítreo funcionan como sustituto de dentina y se cubren con un composite. Proceder para esto de la manera siguiente:

- Aplicar Ketac Bond al grosor de capa deseado con un instrumento adecuado, dejar libres los bordes del esmalte.
- Después de fraguar el Ketac Bond, cauterizar el esmalte y la obturación y aplicar el composite deseado junto con el bonding correspondiente.

El tratamiento del producto respectivo se rige según los datos del fabricante.

En obturaciones con amalgama no tiene lugar la cauterización ni el bonding.

- En sellados de fisuras o en construcciones del muñón, llenar la cavidad con un instrumento adecuado y trabajar el Ketac Bond endurecido con instrumentos giratorios como muy pronto 4 min. después de comenzar la mezcla.
- Ketac Bond se pega a los instrumentos metálicos y por consiguiente debería lavarse con agua fría antes del fraguado.

**Tiempos:**

A 23°C/ 74°F de temperatura ambiente y 50% de humedad rigen los tiempos siguientes:

Min:Seg

Mezclar	0:30
---------	------

Tratamiento (incluido mezcla)	2:00
-------------------------------	------

Fraguado (a partir del inicio de la mezcla)	4:00
---	------

Tiempo de fraguado en la boca	2:00
-------------------------------	------

El tiempo de tratamiento cambia debido a los influjos siguientes:

- Temperaturas más altas reducen y más bajas amplían el tiempo de tratamiento.
- Mezclar en una placa de cristal enfriada amplía el tiempo de tratamiento.
- La mezcla de más polvo del indicado en la relación de mezcla reduce el tiempo de tratamiento.

**Almacenaje y conservación:**

Proteger el polvo contra la humedad.

Almacenar el polvo y líquido a 15- 25°C/ 59 – 77°F.

No usar más después de vencida la fecha de caducidad.



## **ANEXO N° 4: INFORMACIÓN DEL MATERIAL SEGÚN EL FABRICANTE PARA VITREBOND™**

### **3M ESPE**

#### **VITREBOND™**

##### **Información general:**

La base cavitaria de ionómero de vidrio fotopolimerizable Vitrebond™, fabricada por 3M ESPE, está compuesta por un componente de polvo y otro de líquido. El polvo está formado por cristales de fluoraluminosilicato sensibles a la luz. El líquido es ácido polialquenoico sensible a luz. Su composición es la típica de los ionómeros de vidrio, mostrando sus principales características: unión a la estructura del diente, liberación de flúor y biocompatibilidad. Adicionalmente, la base cavitaria Vitrebond ofrece la combinación única de un prolongado tiempo de trabajo con un corto tiempo de fraguado por exposición a una lámpara de luz visible. La polimerización por luz no sólo elimina el periodo de tiempo de fraguado común de los ionómeros autopolimerizables, sino que además proporciona mejores propiedades físicas y mecánicas. La base cavitaria fotopolimerizable Vitrebond está indicada como base cavitaria bajo restauraciones de composite, amalgama, cerámica y metal.

##### **Indicaciones de uso:**

Vitrebond está indicado para aplicaciones de base cavitaria bajo las restauraciones siguientes:

- Composite
- Amalgama
- Cerámica
- Metal

**Contraindicaciones:**

Protección pulpar: Vitrebond no está indicado como protector pulpar directo. Si hay exposición pulpar, cubrir la pulpa con hidróxido de calcio. Colocar la base Vitrebond sobre el hidróxido de calcio y dentina periférica para una buena protección y sellado.

**Información de medidas de precaución para el paciente:**

Este producto contiene sustancias que pueden causar una reacción alérgica al contacto con la piel en algunas personas. Evite el uso de este producto en pacientes con alergia conocida a los acrilatos. En caso de producirse contacto con los tejidos blandos de la boca, enjuagar con agua abundante. Si ocurriera una reacción alérgica, procure la atención médica necesaria, retire el producto si fuera necesario y suspenda el uso futuro del producto.

**Información de medidas de precaución para el profesional de clínica:**

Este producto contiene sustancias que pueden causar una reacción alérgica por contacto con la piel en algunas personas. Minimice la exposición a estos materiales para reducir el riesgo de una reacción alérgica. En particular, evite la exposición a un producto sin polimerizar. Si ocurriera un contacto con la piel, lave la zona afectada con agua y jabón. Se recomienda el uso de guantes de protección y una técnica de trabajo sin contacto. Los acrilatos pueden penetrar de uso común. Si el producto entra en contacto con el guante, quítese el guante y deséchelo, lavase inmediatamente las manos con agua y jabón y póngase de nuevo guantes. Si se da una reacción alérgica, busque la atención médica cuando se necesite.

Las fichas de seguridad (MSDS) se puede obtener en [www.3MESPE.com](http://www.3MESPE.com) o contactando con su proveedor local.

## **Instrucciones de uso:**

- 1. Protección de pulpa:** Vitrebond no está indicado como protector pulpar directo. Si hay exposición pulpar, cubrir la pulpa con hidróxido de calcio. Colocar la base de Vitrebond sobre el hidróxido de calcio y dentina periférica para una buena protección y sellado.
- 2. Pretatamiento de dentina:** No se recomienda un pretratamiento de la dentina. El uso de limpiadores de barrillo dentinario, como soluciones de ácido poliacrílico, disminuirán la adhesión de la base cavitaria Vitrebond.
- 3. Dispensado:**

3.1 Tanto el polvo como el líquido que componen la base cavitaria Vitrebond son sensibles a la luz. Para prevenir la desactivación por exposición a la luz, proteger ambos componentes de la luz visible colocando los tapones del vial del líquido y del bote de polvo inmediatamente después del dispensado y proceder al mismo justo antes de su mezcla y colocación en la cavidad.

3.2 Se ha colocado un sello protector al envase de polvo de Vitrebond. Retírelo completamente antes del uso: desenroscar la tapa, retirar y desechar el sello, colocar la tapa.

3.3 Agitar el frasco para despegar el polvo antes de dispensar. Introducir la cucharilla en el frasco, llénela en exceso y enrásela contra el enrasador de plástico para retirar el exceso de polvo y obtener una cucharilla rasa. Dispensar una cucharilla de polvo en el bloque de la mezcla.

3.4 Para evitar el atrapamiento de aire en la punta del gotero, y para obtener el tamaño apropiado de gota, sostener el líquido vial de forma vertical y dispensar una gota del líquido en el bloque de la mezcla. Antes del recubrimiento, sostenga el vial hacia arriba y deje que el exceso de líquido fluya de vuelta a la punta para reducir el desecho.

3.5 El nivel aproximado de una cucharadita de polvo y una gota comprenden la proporción recomendada de polvo para líquido de 1,4 a 1 por peso. El porcentaje polvo líquido puede ser alterado para cambiar la viscosidad de la mezcla. Variaciones de 1 cucharada de polvo/ 2 gotas de líquido a 2 cucharadas de polvo/ 1 gota de líquido son aceptables. Las mezclas de proporciones polvo/líquido fuera de estos márgenes no son recomendados.

#### **4. Mezcla:**

Emplear una pequeña espátula de cemento para proceder al mezclado rápido (10-15 segundos) del polvo en el líquido. El cemento mezclado deberá tener una consistencia suave y apariencia brillante. Un espatulado excesivo reducirá el tiempo de trabajo. Para minimizar la evaporación de agua y maximizar el tiempo de trabajo, centrara el espatulado del polvo y el líquido a una pequeña área del bloque de mezcla, de un diámetro alrededor de 2,5 cm.

#### **5. Colocación en boca y fotopolimerización:**

Evitar la contaminación por agua o saliva durante la colocación en boca y el fraguado de la base cavitaria. El dique de goma es el mejor método de aislamiento. Aplicar una fina capa (0,5 mm o menos) de la base cavitaria mezclada a la superficie de dentina de la cavidad preparada, mediante un aplicador de bola u otro instrumento adecuado. La base Vitrebond posee un tiempo de trabajo mínimo de 2 minutos y 40 segundos a temperatura ambiente. Temperaturas más elevadas acortarán el tiempo de trabajo. Fotopolimerice la base Vitrebond exponerla durante 30 segundos a fotopolimerización de una lámpara 3M ESPE o de otra lámpara de intensidad comparable. El mecanismo adicional de autopolimerización de la base Vitrebond asegurará la polimerización completa del material que hubiera estado protegido de la luz como en las áreas de socavadura. Donde se

deseen aplicaciones más gruesas de la base, la mejor adhesión pueden conseguirse colocando y fotopolimerizando una capa fina, seguida de la colocación de una capa de unos 2 mm y fotopolimerizar durante 30 segundos.

#### **6. Sistema adhesivo:**

Continúe con la adhesión del procedimiento del procedimiento de restauración, empezando con el grabado ácido. El grabador sobre la base no es perjudicial. Refiérase a las instrucciones específicas de estos productos para los detalles de utilización.

#### **Almacenamiento y uso:**

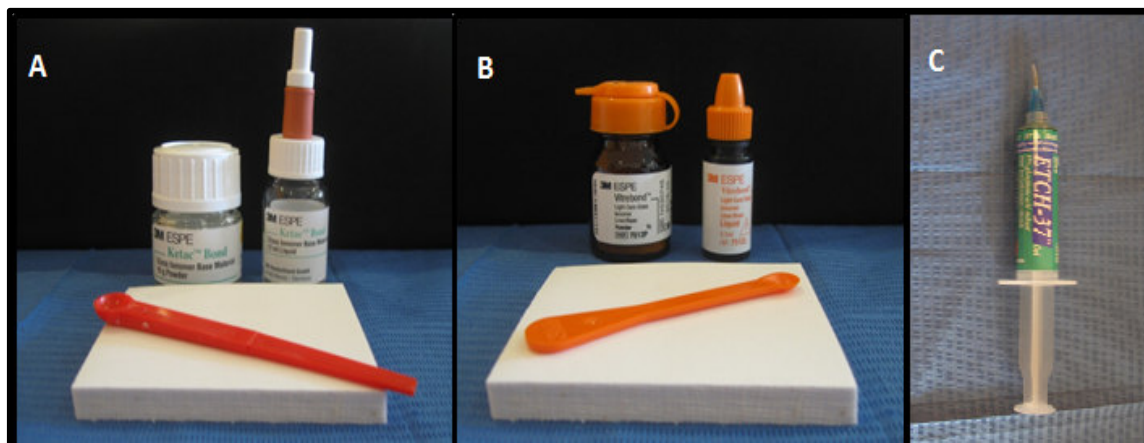
1. Este producto está diseñado para ser guardado y utilizado a temperatura ambiente. La vida media a temperatura ambiente es de 36 meses. Las temperaturas ambiente ordinarias que sean mayores a 27°C, o inferiores a 10°C pueden reducir la vida útil. Consulte en el envase exterior la fecha de caducidad.
2. Tanto el polvo como el líquido de la base cavitaria Vitrebond son sensibles a la luz. Para prevenir la desactivación de estos materiales, protegerlos de la luz ambiental. Colocar los tapones del vial y del tarro inmediatamente después del dispensado.
3. Desinfecte la cucharilla y los botes utilizando para ello un proceso de desinfección de nivel intermedio (contacto de líquido) como se recomienda en los CDC (Center Disease Control) y avala el ADA (American Dental Association). Las guías generales para el control de infecciones en dental Health-CareSetting – 2003 (Vol. 52, No. RR-17) Prevención.
4. No exponer los materiales a una temperatura elevada o una luz intensa.

**Residuos:** Vea la ficha de seguridad (disponibles [www.3MESPE](http://www.3MESPE)) para obtener información de cómo gestionar los residuos.

## ANEXO N° 5: FOTOGRAFÍAS DEL PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

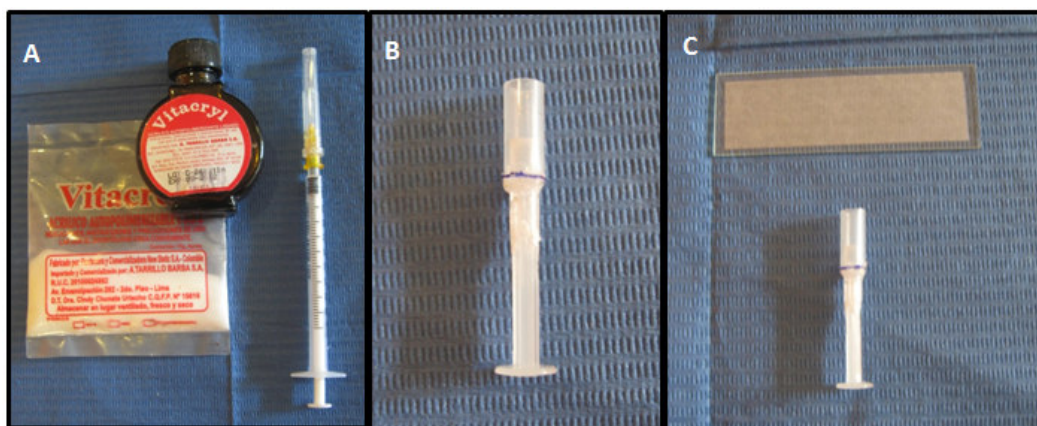
### MATERIALES E INSTRUMENTALES:

#### Ionómeros de vidrio base y ácido fosfórico



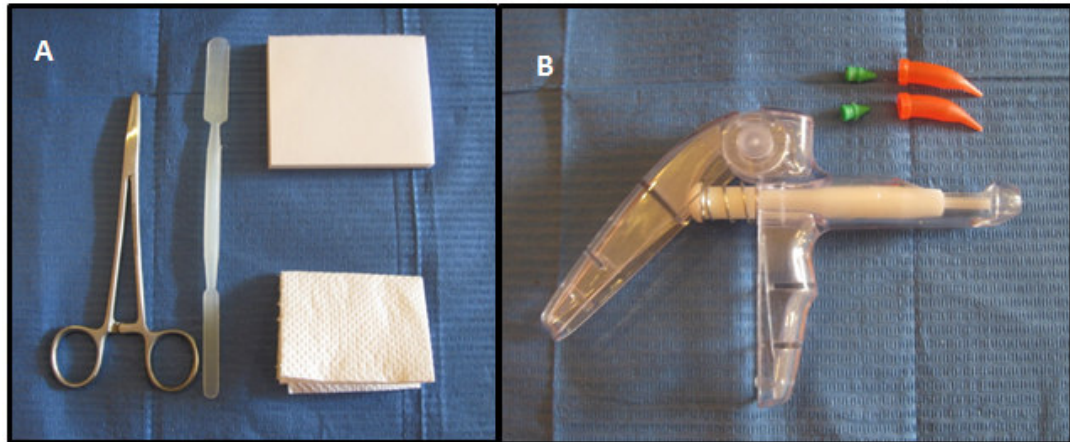
A. Ionómero de vidrio base convencional (Keta Bond de 3M ESPE). B. Ionómero de vidrio base híbrido (Vitrebond de 3M ESPE). C. Ácido fosfórico al 37% (ETCH-37 de BISCO).

#### Materiales para la confección del molde de la probeta



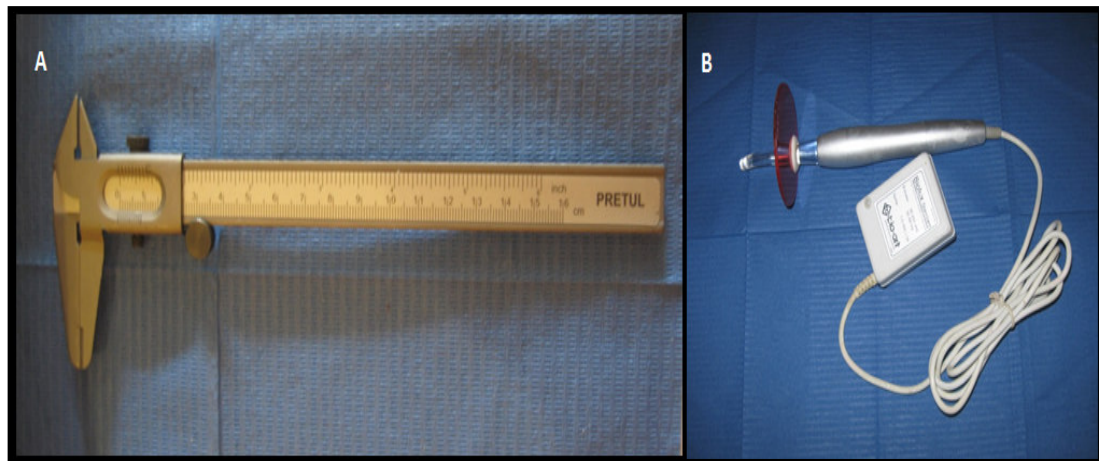
A. Materiales para la confección de la probeta (acrílico en polvo transparente, monómero líquido y jeringa de tuberculina). B. Molde de probeta confeccionado. C. Molde y lámina de vidrio para preparación de probetas.

## Materiales para la preparación del cemento y transporte al molde



A. Instrumental para preparación del cemento (espátula de plástico, block de papel, pinza portaguas y papel toalla). B. Pistola dispensadora (MAQUIRA) y puntas aplicadoras tipo Centrix.

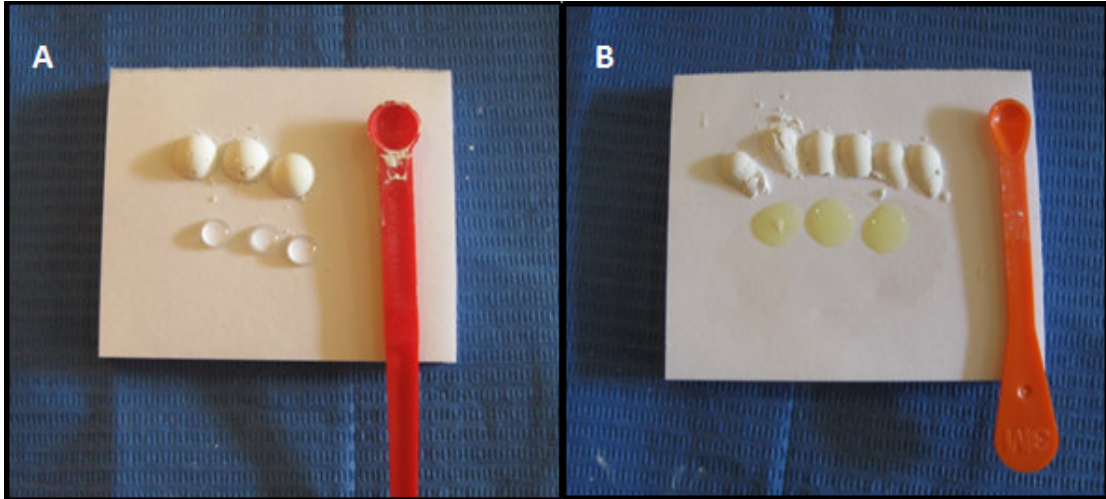
## Instrumental para el fotocurado y para calibrar las probetas



A. Vernier para calibración de medidas de las probetas (Marca Pretul). B. LED para el fotocurado del ionómero de vidrio híbrido ( Marca Bioart).

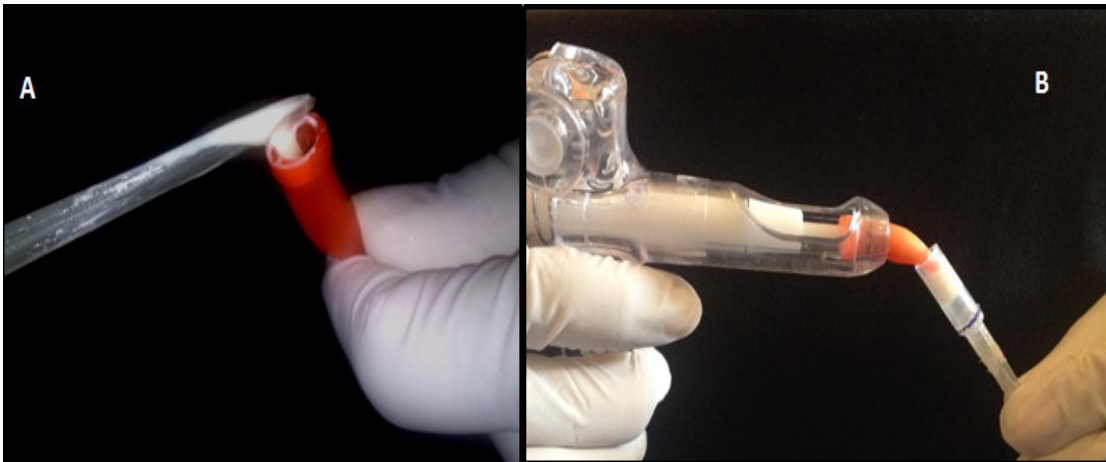
## PREPARACIÓN DE PROBETAS Y REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN

### 1. Dosificación de los ionómeros de vidrio base



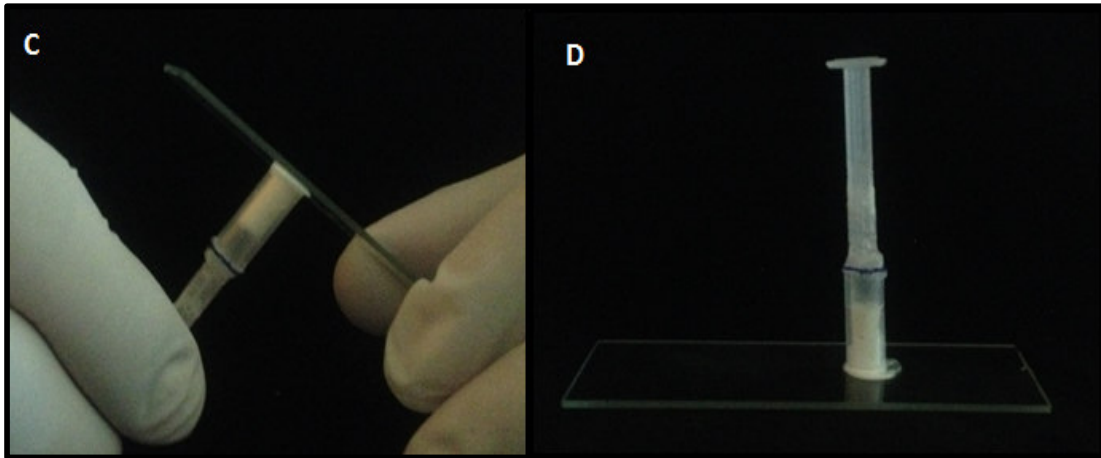
Se prepararon tres porciones para llenar la probeta en un solo momento. A. Dosificación para el ionómero de vidrio base convencional (1:1). B. Dosificación para el ionómero de vidrio base híbrido (2:1).

### 2. Transporte y llenado del cemento en el molde

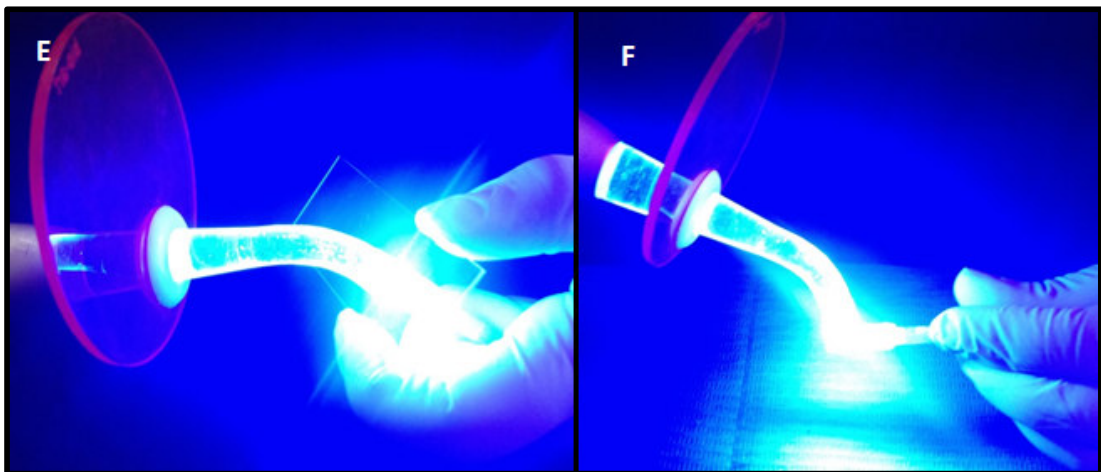


A. Transporte de la mezcla de cemento a una punta aplicadora tipo Centrix. B. Llenado del molde de la probeta utilizando la pistola aplicadora.



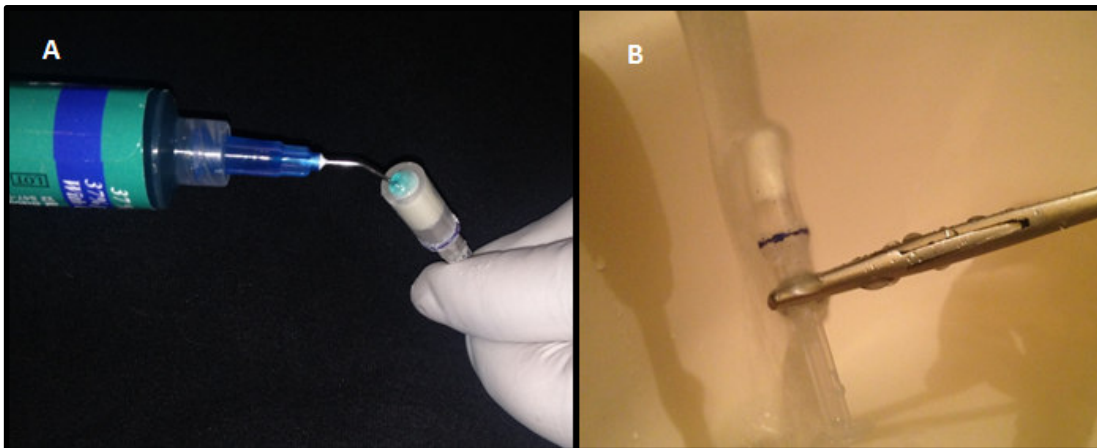


C. Rebasado del exceso de cemento con una lámina de vidrio. D. Esperar que el ionómero de vidrio base convencional este fraguado (7 minutos).

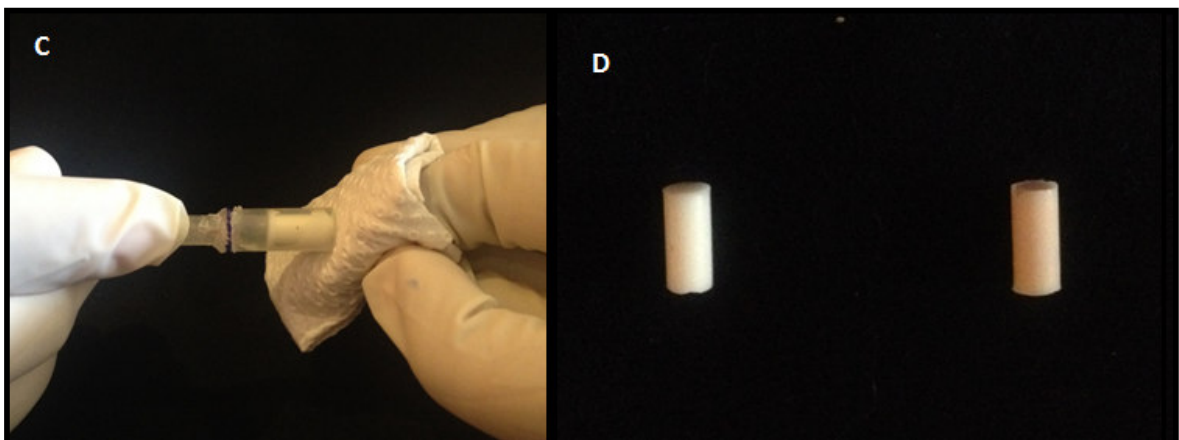


En el ionómero de vidrio base híbrido, se realizó el fotocurado después de la colocación de la lámina de vidrio. E. Fotocurado en la zona superior de la probeta (40 segundos). F. Fotocurado en los lados laterales de la probeta derecho e izquierdo (40 segundos cada lado).

### 3. Grabado ácido

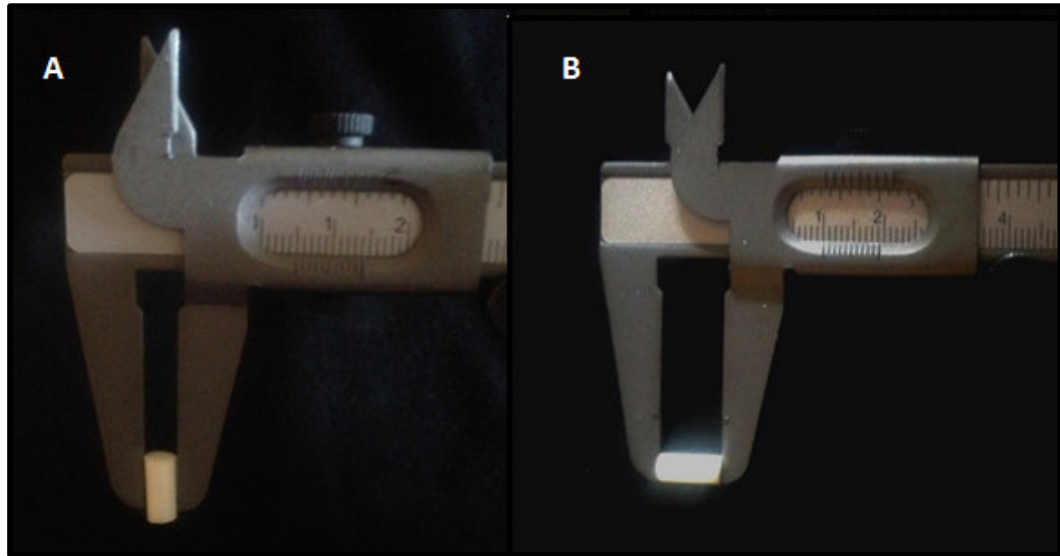


A. Grabado ácido con ácido fosfórico en gel al 37% en la superficie superior de la probeta (15 segundos).  
B. Lavado de la superficie con agua destilada (20 segundos).

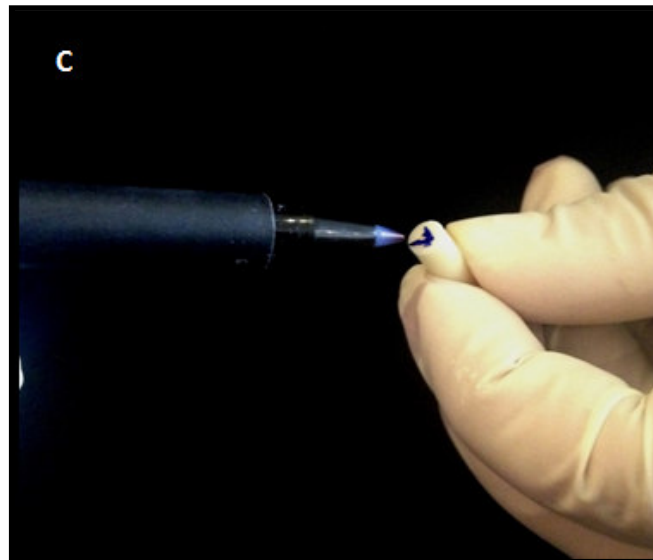


C. Secado de la probeta con papel toalla. D. Retiro de la probeta del molde.

#### 4. Calibrado de las medidas y rotulado de las probetas

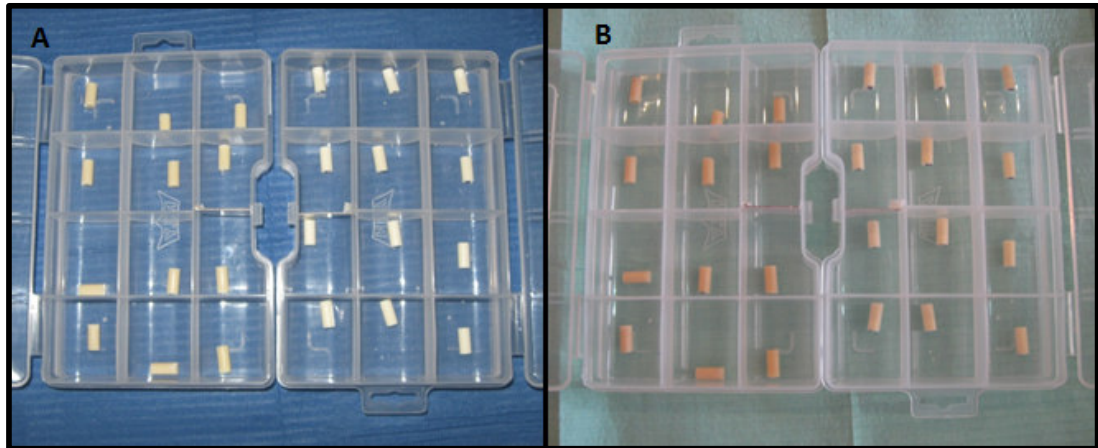


A. Calibrado del diámetro de la probeta (5mm). B. Calibrado de la altura de la probeta (10mm).

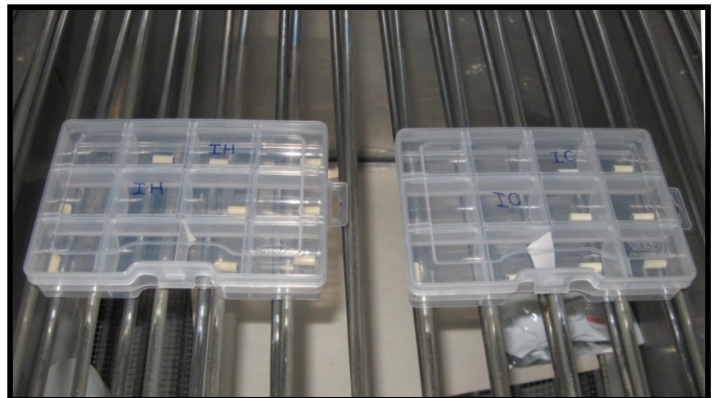


C. Rotulado de las probetas mediante una numeración.

## 5. Almacenamiento de las muestras



Las muestras se colocaron en cajas organizadoras de plástico. A. Muestras del ionómero de vidrio base convencional con y sin grabado ácido. B. Muestras de ionómero de vidrio base híbrido con y sin grabado ácido.

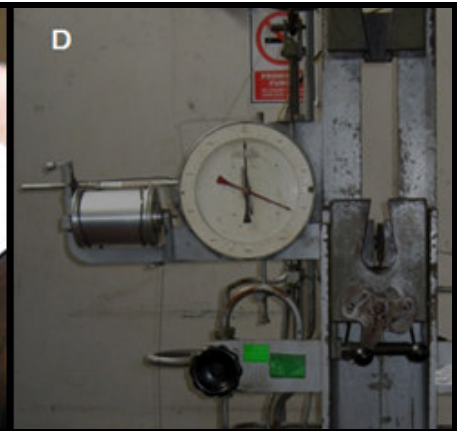
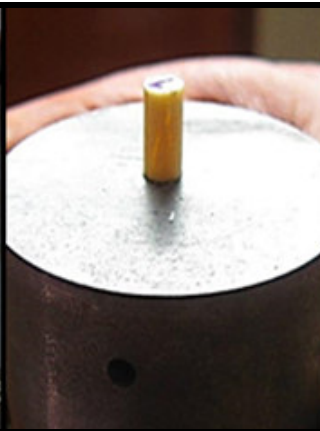
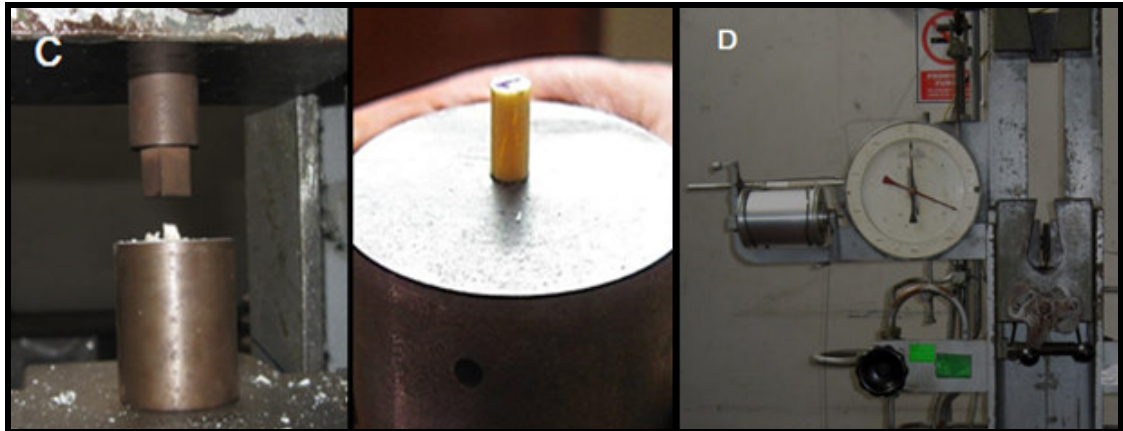


Las muestras se almacenaron en la estufa del Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Odontología – UNMSM a una temperatura constante de 37°C por 24 horas.

## 6. Ensayo de Compresión



A. Máquina de Ensayo Universal marca J. AMSLER de capacidad 5 toneladas y de unidad mínima de 1 kilogramo. B. La probeta fue colocada en el cabezal inferior y el cabezal superior bajó con una velocidad constante de 2mm/min colocándose sobre la muestra.



C. El cabezal superior ejerció una fuerza de compresión con una determinada carga hasta el momento de su fractura. D. La carga fue leída por el dinamómetro que dió la medida en kilogramos/fuerza.



**ANEXO N° 6: INFORME DE RESULTADOS ENTREGADO POR EL LABORATORIO  
DE MECÁNICA N° 4 DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA - UNI**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica**  
**Laboratorio de Mecánica N° 4**

INFORME TECNICO  
Lb4-1418-2014

**ENSAYO DE COMPRESIÓN A IONOMEROS DE VIDRIO BASE  
CONVENCIONAL E HIBRIDO**

SOLICITANTE : **JOHANA MILAGRO QUISPE AMPUERO**  
 FECHA : Lima, 20 de Octubre de 2014

1.	<b>ANTECEDENTES</b>	Se recibió cuarenta (40) probetas de ionómero de vidrio base con la finalidad de realizarles ensayos de compresión.
2.	<b>DE LAS MUESTRAS</b>	Se identificó según el Cliente, como:  Cuarenta (40) muestras de ionómeros de vidrio base, según los grupos:  Grupo A1 : Probetas de ionómero de vidrio base convencional con grabado ácido Grupo A2 : Probetas de ionómero de vidrio base convencional sin grabado ácido Grupo B1 : Probetas de ionómero de vidrio base híbrido con grabado ácido Grupo B2 : Probetas de ionómero de vidrio base híbrido sin grabado ácido  TESIS : "INFLUENCIA DEL GRABADO ACIDO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL IONOMERO DE VIDRIO BASE CONVENCIONAL E HIBRIDO"  UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS – FACULTAD DE ODONTOLOGIA
3.	<b>EQUIPOS UTILIZADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máquina Universal de Ensayos marca AMSLER, capacidad 5 Ton.</li> <li>• Vernier digital, marca MITUTOYO.</li> </ul>
4.	<b>CONDICIONES DE ENSAYO</b>	Medio Ambiente T. : 22 °C H.R. : 64 %

Av. Túpac Amaru 210 – Lima 25, Perú  
 ☎ Telefax: 381-3833 / 481-1070 Anexo 255 / ✉ Email: [labmec4@uni.edu.pe](mailto:labmec4@uni.edu.pe)



Pág. 1 de 3



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

### Facultad de Ingeniería Mecánica

#### Laboratorio de Mecánica N° 4

Lb4-1418-2014

#### RESULTADOS

##### 5.1 Ensayo de compresión en probetas del grupo A1

Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga (kg/f)	Resistencia a la compresión (Mpa)
1.1	5,00	10,00	19,63	43	21,47
1.2	5,00	10,00	19,63	55	27,46
1.3	5,00	10,00	19,63	68	33,96
1.4	5,00	10,00	19,63	56	27,96
1.5	5,00	10,00	19,63	65	32,46
1.6	5,00	10,00	19,63	62	30,96
1.7	5,00	10,00	19,63	66	32,96
1.8	5,00	10,00	19,63	50	24,97
1.9	5,00	10,00	19,63	34	16,98
1.10	5,00	10,00	19,63	46	22,97

5.

##### 5.2 Ensayo de compresión en probetas del grupo A2

Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga (kg/f)	Resistencia a la compresión (Mpa)
2.1	5,00	10,00	19,63	53	26,47
2.2	5,00	10,00	19,63	88	43,95
2.3	5,00	10,00	19,63	78	38,95
2.4	5,00	10,00	19,63	70	34,96
2.5	5,00	10,00	19,63	49	24,47
2.6	5,00	10,00	19,63	55	27,46
2.7	5,00	10,00	19,63	65	32,46
2.8	5,00	10,00	19,63	60	29,96
2.9	5,00	10,00	19,63	46	22,97
2.10	5,00	10,00	19,63	67	33,46



Av. Túpac Amaru 210 – Lima 25, Perú

☎ Telefax: 381-3833 / 481-1070 Anexo 255 / ✉ Email: [labmec4@uni.edu.pe](mailto:labmec4@uni.edu.pe)

Pág. 2 de 3



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica**  
**Laboratorio de Mecánica N° 4**

Lb4-1418-2014

5.3 Ensayo de compresión en probetas del grupo B1

Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga (kg/f)	Resistencia a la compresión (Mpa)
3.1	5,00	10,00	19,63	120	59,93
3.2	5,00	10,00	19,63	154	76,91
3.3	5,00	10,00	19,63	190	94,89
3.4	5,00	10,00	19,63	124	61,93
3.5	5,00	10,00	19,63	118	58,93
3.6	5,00	10,00	19,63	174	86,90
3.7	5,00	10,00	19,63	148	73,91
3.8	5,00	10,00	19,63	145	72,41
3.9	5,00	10,00	19,63	148	73,91
3.10	5,00	10,00	19,63	150	74,91

5.4 Ensayo de compresión en probetas del grupo B2

Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga (kg/f)	Resistencia a la compresión (Mpa)
4.1	5,00	10,00	19,63	237	118,36
4.2	5,00	10,00	19,63	160	79,91
4.3	5,00	10,00	19,63	185	92,39
4.4	5,00	10,00	19,63	164	81,90
4.5	5,00	10,00	19,63	183	91,39
4.6	5,00	10,00	19,63	200	99,88
4.7	5,00	10,00	19,63	154	76,91
4.8	5,00	10,00	19,63	160	79,91
4.9	5,00	10,00	19,63	240	119,86
4.10	5,00	10,00	19,63	230	114,87

\* Código de autenticación : OCDNXJ XCEIVJTI ULPJ ETJE



ING. SEBASTIAN LAZO OCHOA  
CIP. 74236

Jefe del Laboratorio de Mecánica

Av. Túpac Amaru 210 – Lima 25, Perú

☎ Telefax: 381-3833 / 481-1070 Anexo 255 / ✉ Email: [labmec4@uni.edu.pe](mailto:labmec4@uni.edu.pe)